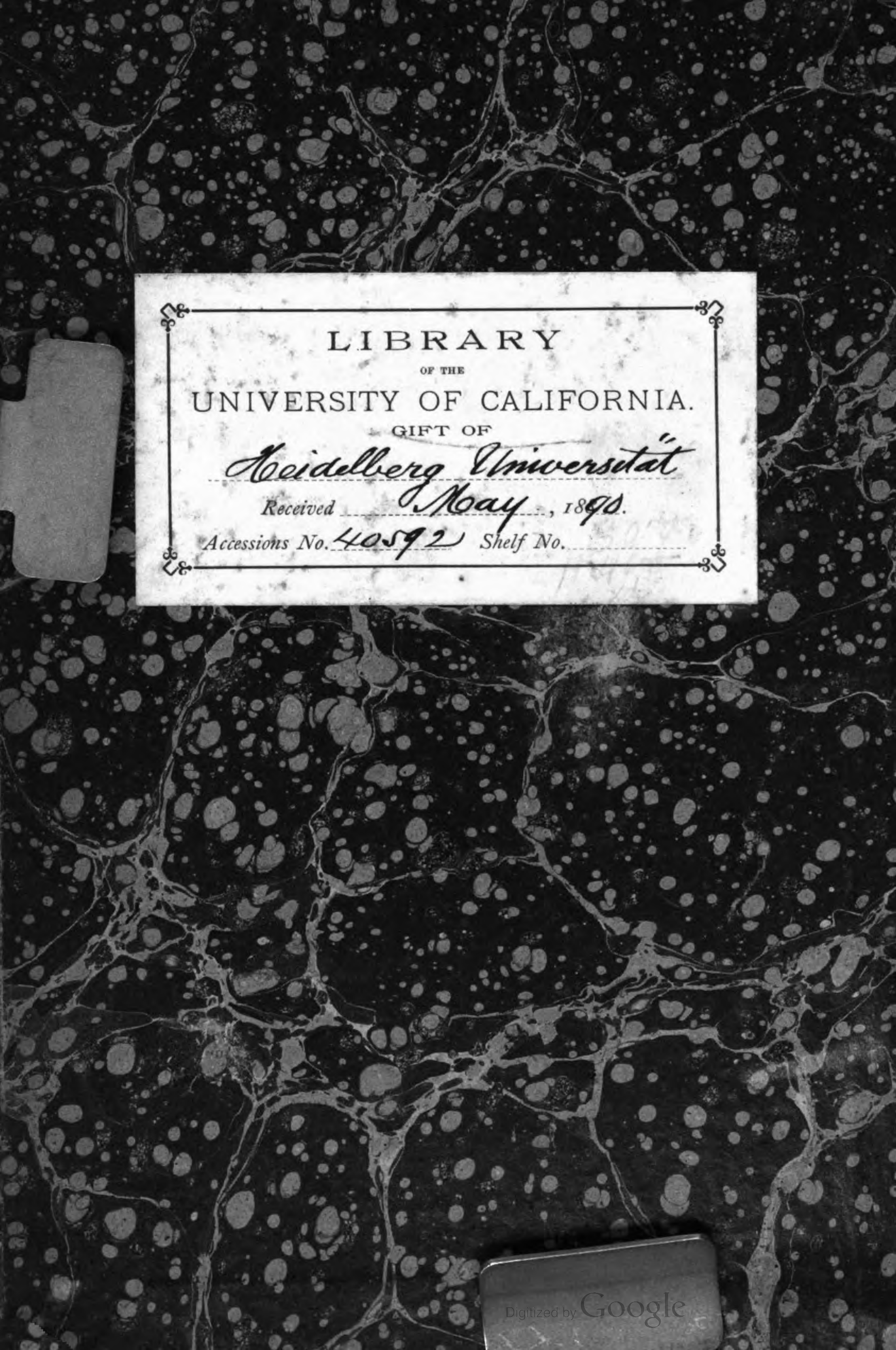






Untersuchungen

über

Bau und Entwicklung

der

Sekretbehälter bei den Cacteen,

unter Berücksichtigung der allgemeinen anatomischen Verhältnisse der letzteren.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde

der

hohen philosophischen Facultät der Ruprecht Karls-Universität zu Heidelberg

vorgelegt

von

Carl Lauterbach

aus Breslau.

Das erste Werk, in welchem die Sekretbehälter der Cacteen erwähnt werden, ist, abgesehen von einigen kurzen Angaben älterer Autoren, Schleiden's Anatomie der Cacteen[1]). Schleiden spricht im ersten Theil seiner Arbeit, welche vom Mark- und Rinden-Parenchym handelt, von Schleim und Gallerte enthaltenden Zellen bei *Opuntia*, bildet auch solche ab, ohne jedoch weiter auf das Wesen und die Verbreitung derselben einzugehen. Bei der Zusammensetzung des Holzbündels erwähnt er ausserdem Gummigänge an Stelle des Bastes bei *Opuntia Peruviana*, giebt aber auch hier keine weiteren Erklärungen. P. Harting, der in seinen „Bijdrage tot de Anatomi der Cacteen"[2]) die Untersuchungen Schleiden's wiederholt, beziehentlich vervollständigt, giebt keine weiteren Aufschlüsse; auch er beschreibt bei *Opuntia* „Gefässbündel von Bastzellen umschlossen, durch einen Gummikanal umgrenzt". Die nächsten Arbeiten, über Cacteen[3]) beschäftigen sich mit dem Hautgewebe oder den Stacheln dieser Gewächse, ohne das innere Zellgewebe zu berücksichtigen. H. Voechting thut in seinen „Beiträgen zur Morphologie und Anatomie der Rhipsalideen[4]) der Sekretbehälter keine Erwähnung.

De Bary giebt in seiner „Vergleichenden Anatomie der Phanerogamen[5]) in dem Kapitel über Sekretbehälter für die Cacteen schleimführende Schläuche an. Nach ihm[6]) zeigt die Schleimmasse „die Struktur einer sehr dicken, reich und zart geschichteten Zellmembran und ist ihrer Entstehung und morphologischen Bedeutung nach nichts anderes, als eine auf Kosten des Innenraumes stark verdickte Zellwand". Doch bezeichnet er diesen Befund als zweifelhaft und neue Untersuchungen als wünschenswerth. Er führt dann[7])

---

[1]) **Schleiden, Beiträge zur Anatomie der Cacteen. (Mémoires présentés à l'Académie Impériale des Sciences de St. Pétersbourg par divers savans Tome IV. 1845. pag. 337—366.)**

[2]) **P. Harting; Bijdrage tot de Anatomi der Cacteen. 1846.**

[3]) **Nik. Kauffmann. Zur Entwickelungsgeschichte der Cacteenstacheln. Moskau 1859 u. 1868.**

Caspari. Hauptgewebe der Cacteen. Bonn.

[4]) **Hermann Voechting, Beiträge zur Morphologie und Anatomie der Rhipsalideen. (Pringsheim's Jahrbücher. IX. pag. 329—477.)**

[5]) **A. de Bary. Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und der Farne. 1877.**

[6]) **pag. 51.**

[7]) **pag. 211 und 214.**

die Sekretbehälter der Opuntien in der Reihe der lysigenen Intercellularen auf, indem er sie Schleim- und Gummi Gänge nennt. Ferner[1]) giebt er für einige *Mammillarien*, *M. angularis*, *Hystrix*, *Zuccariniana* milchsaftführenden Gänge an (zuerst von De Candolle[2]) und Unger erwähnt), ist aber sowohl bei diesen als bei den *Opuntien* über die Entstehung, sowie über die Natur ihres Inhalts im Unklaren. An einer späteren Stelle[3]) beschreibt er die Lage und den Verlauf der milchsaftführenden Gänge der *Mammillarien*, sowie den Verlauf der schleimführenden Gänge bei *Opuntia*, indem er angiebt, dass die letzteren den an der Aussengrenze des Siebtheils zu einem Netz verbundenen Blattspursträngen in ihrem Längsverlaufe folgen und nicht, wie Schleiden meinte, im Siebtheil selbst liegen.

Das Auftreten von Krystalldrusen wurde schon bei den ersten Untersuchungen dieser Familie beobachtet und besonders ihr massenhaftes Vorkommen wird unter Andern von Schleiden erwähnt, der in der Trockensubstanz des Stammes von *Cereus senilis* 85 Proz. Kalkoxalat fand. Derselbe führt als vorkommende Krystallformen an: Quadratoktaeder, vierseitiges Prisma und davon abgeleitete Formen; als Gruppirungen: Bündel nadelförmiger Krystalle, Drusen von vierseitigen Prismen mit sehr kurzer Hauptaxe, einer aus quadratischen Tafeln zusammengesetzten Kugel gleichend, Drusen von vierseitigen Prismen, deren Hauptaxe länger als die Nebenaxe ist, mit dem Oktaeder 1. Ordnung combinirt.

De Bary[4]) giebt für die Cacteen ausschliesslich Drusen an.

Hiermit schliessen die vorhandenen Beobachtungen und soll es die Aufgabe dieser Arbeit sein, die Verbreitung und Entwickelung der Sekretbehälter in der gesammten Familie der Cacteen zu untersuchen, sowie einen Ueberblick über die allgemeinen anatomischen Verhältnisse der hauptsächlichsten Gattungen zu geben.

Das Material entnahm ich meiner eigenen Sammlung und zwar nur gesunde normal entwickelte Pflanzen. Wo nicht Anderes angegeben ist, wurden ein- bis zweijährige, völlig ausgebildete Sprosse oder Triebe untersucht. In der systematischen Ordnung folgte ich Foerster's Handbuch der Cacteenkunde[5]) in seiner neuen Bearbeitung von Th. Rümpler, dem die Eintheilung des Fürsten Salm-Dyck zu Grunde liegt.

Die Eintheilung von Bentham-Hooker[6]) erschien weniger verwendbar, weil dieselbe zu wenig auf die Zerlegung der Familie in kleinere Gruppen eingeht.

---

[1]) pag. 216.

[2]) De Candolle. Revue de la famille des Cactées. (Mémoires du Muséum d'Histoire naturelle de Paris. Vol. XVII. 1828.)

[3]) pag. 466.

[4]) pag. 149.

[5]) Carl Friedrich Foerster's Handbuch der Cacteenkunde etc., vermehrt von Theodor Rümpler. Leipzig 1886.

[6]) Bentham et Hooker. Genera Plantarum. pag. 846.

Allgemeiner Ueberblick über die Anatomie der Cacteen.

Mammillaria Haw.

Epidermiszellen an den Rändern stark ausgebuchtet, meist eine geradlinige, nachträgliche, antikline Scheidewand zeigend. Die Spaltöffnungen entstehen durch wiederholte Theilung einer gewöhnlichen Epidermiszelle. Die sich bildenden Wände sind nach innen concav und folgen abwechselnd nach rechts und links. Dadurch werden ausser den Schliesszellen drei bis vier Nebenzellen gebildet, von denen die inneren mit den Schliesszellen ungefähr gleiche Länge haben, während die äusseren nach oben und unten übergreifen. In den meisten Fällen sind drei Nebenzellen vorhanden. Die Richtung der Spaltöffnungen ist keine bestimmte. Die Epidermiszellen sind bei Arten mit wenig ausgebildeter Cuticula, wie z. B. M. *glochidiata,* Mart. etwas vorgewölbt; diesen Arten fehlt das Hypoderma. Bei den übrigen findet sich eine starke Cuticula. Die Epidermiszellen derselben sind flach, darunter liegt ein einschichtiges, aus hohen Zellen gebildetes, collenchymatisch entwickeltes Hypoderma.

Hierauf folgt nach Innen in radiale Reihen angeordnetes, Chlorophyll führendes Parenchym mit im Querschnitt beinahe quadratischen Zellen. Der grosse Zellkern ist wandständig. Die Stärke des Chlorophyll führenden Parenchyms ist bei den einzelnen Arten ziemlich verschieden. Nach Innen geht das letztere in das grosszellige, dünnwandige Rindenparenchym über, das bei weitem die grösste Masse des Stammes bildet.

Es folgt dann ein Kranz von Gefässbündeln, der von zahlreichen Markstrahlen durchsetzt wird. Derselbe schliesst den aus dünnwandigem Parenchym bestehenden Markcylinder ein, dessen Durchmesser ungefähr $^1/_4$ bis $^1/_5$ des gesammten Stammes beträgt.

In den Gefässbündeln ist ein sehr dünnwandiger Phloemtheil vorhanden, dessen Inhalt im Alkoholmaterial bräunlich erscheint, Die Gefässe des Xylems sind stets spiralig verdickt und von Spiral- und Ring-Tracheiden begleitet. Die Bündel verlaufen von den Axillen (den zwischen den Warzen stehenden Haarbüscheln) und Areolen (den am Ende der Warzen stehenden Stachelgruppen) im Rindenparenchym schräg nach abwärts und bilden in gesetzmässiger Weise mit einander verschmelzend ein regelmässiges Maschenwerk von Gefässbündeln, welches den Markcylinder einschliesst. Während in der Jugend diese Gefässbündel ein durch weite Lücken (Markstrahlen) unterbrochenes System bilden, verengen sich im Alter die Lücken durch cambiale Thätigkeit mehr und mehr. Die vom Cambium nach Innen erzeugten Elemente sind ausschliesslich Spiral- und Ring-Tracheiden, welche, in radialen Reihen angeordnet, das Holz des Mammillarienstammes zusammensetzen.

Um Wiederholungen zu vermeiden, werde ich im Folgenden nur das von *Mammillaria* Abweichende und für die einzelnen Gattungen besonders Charakteristische erwähnen.

Echinocactus Sk. et Otto.

Epidermiszellen mit sehr massig entwickelter Cuticula, an der Oberfläche Cuticularleisten zeigend. Spaltöffnungen meist von zwei Nebenzellen seitlich umgeben. Die Richtung des Spaltes ist keine bestimmte. Im späteren Alter werden die Epidermiszellen von einer Korkschicht emporgehoben und schliesslich abgestossen. Darunter befindet sich ein zwei- bis fünfschichtiges, stark collenchymatisch entwickeltes Hypoderma. Gefässbündelring von Anfang an etwas enger zusammenschliessend als bei *Mammillaria.* Im Alter tritt deutliches Interfascicularcambium auf.

Echinopsis Zucc.

Epidermiszellen, von der Fläche gesehen, am Rande ausgebuchtet, je eine geradlinige Theilwand zeigend. Die Spaltöffnungen entstehen durch wiederholte Theilung einer Epidermiszelle. Hierbei werden ausser den Schliesszellen vier Nebenzellen gebildet, welche zu je zwei zu beiden Seiten der Schliesszellen liegen. Durch zwei auf den ersten Theilwänden senkrecht stehende Wände werden die zwei aussen liegenden Nebenzellen in vier zerlegt. Die Richtung des Spaltes steht senkrecht zur Längsachse der Pflanze; Cuticula stark entwickelt, Hypoderma zwei- bis dreischichtig, kollenchymatisch. Die das Mark umgebenden Gefässstämme sehr weit von einander entfernt. Markständige Gefässbündel sind in grosser Zahl vorhanden.

Cereus Haw.

Epidermiszellen weniger ausgebuchtet, als bei den vorhergehenden Gattungen, mässig bis stark vorgewölbt, besonders bei den *C. radicantes* in einen Zipfel auslaufend, der Längsachse der Pflanze parallel gestreckt. Cuticula mässig entwickelt. Die Richtung des Spaltes steht senkrecht zur Längsachse der Pflanze. 3 seitliche Nebenzellen vorhanden. Zwei- bis dreischichtiges Hypoderma, in der collenchymatischen Ausbildung hinter den früheren Gattungen zurückbleibend. Der Gefässbündelcylinder schliesst sich früh durch die Thätigkeit eines interfascicularen Cambiums. Die cambiale Zone ist deutlich ausgeprägt. Vor dem Phloemtheil jedes Bündels finden sich Gruppen von Sklerenchymzellen. Das sekundäre Xylem besteht zum grossen Theil aus sklerenchymatischen Elementen, denen nur wenige, verhältnissmässig dünnwandige Gefässe eingelagert sind.

Phyllocactus Link.

Epidermiszellen in der Flächenansicht geradlinig begrenzt, viele nachträgliche Theilwände zeigend. Schliesszellen von drei seitlichen Nebenzellen umgeben. Die Richtung des Spaltes ist keine bestimmte. Ziemlich starke Cuticula, zweischichtiges Hypoderma. Das Chlorophyll führende Parenchym zeigt keine Reihenanordnung. Im Rinden- und Markparenchym zahlreiche Stärkekörner. Die Gefässbündel zu einem Cylinder verbunden. Spiral- und Ring-Tracheiden fehlen. Cambiale Zone deutlich vorhanden. Xylem und Phloem in der bei *Cereus* beschriebenen Weise ausgebildet.

Epiphyllum Pfeiff.

Epidermiszellen an den Rändern ausgebuchtet. Schliesszellen von 2 bis 4 seitlich gelegenen Nebenzellen umgeben. Die Richtung des Spaltes liegt meist der Längsachse der Pflanze parallel. Einschichtiges, schwach kollenchymatisch entwickeltes Hypoderma. Chlorophyll führendes Parenchym nicht in Reihen angeordnet. Gefässbündel im Stammquerschnitt in der Mitte des Sprosses eine nach den beiden Flügeln zu offene Ellipse bildend, deren einzelne Bündel durch interfasciculares Cambium verbunden werden. Das sekundäre Xylem besteht vorwiegend aus Sklerenchymzellen.

Rhipsalis Gärtn.

Epidermiszellen mehr oder minder vorgewölbt, rundlich bis geradlinig begrenzt. Die Schliesszellen sind beiderseits von je einer Nebenzelle umgeben. Die Richtung des Spaltes ist horizontal. Hypoderma einschichtig und zweischichtig, meist aus quadratischen, nur schwach collenchymatisch verdickten Zellen bestehend. Reihenanordnung des Chlorophyll führenden Parenchyms undeutlich. Der Gefässbündelcylinder zeigt eine deutliche Cambialzone. Die einzelnen Bündel sind durch breite primäre Markstrahlen getrennt. Im Xylem und Phloem sklerenchymatische Elemente. Im Phloem der rindenständigen Bündel finden sich dieselben ebenfalls.

Opuntia Mill.

Epidermiszellen flach oder nur wenig vorgewölbt, in der Flächenansicht an den Rändern bogig bis mehr oder minder ausgebuchtet; Schliesszellen seitlich von zwei Nebenzellen umgeben. Die Richtung des Spaltes liegt der Längsachse der Pflanze parallel. Hypoderma zwei- bis vierschichtig, stark collenchymatisch verdickt. Chlorophyll führendes Parenchym in deutliche Reihen angeordnet. Gefässbündel eine dem äusseren Umriss entsprechende Figur bildend, welche stellenweise durch Interfascicularcambium geschlossen ist. Im höheren Alter schliesst sich, verbunden mit einer Abrundung des Stammes (bei den aufrecht wachsenden Arten), der Holzcylinder völlig, während unter der Epidermis sich eine starke Korkschicht entwickelt. Im Xylem starke Sklerenchymstränge, welche im Phloem nur vereinzelt auftreten. In den Bündeln herrschen Ring-Tracheiden, die eine bedeutende Länge erreichen, vor.

Im Blatt fehlt das Hypoderma; das Chlorophyll führende Parenchym (Pallisadenparenchym) ist ringsum in radiale Reihen angeordnet; nach innen schliessen sich Schwammparenchym und drei bis vier central gelegene Gefässbündel an.

Peireskia Mill.

Stamm: Epidermiszellen, von der Fläche gesehen, geradlinig begrenzt, viele nachträgliche Theilwände zeigend. Spaltöffnungen kürzer als bei den übrigen Gattungen. Hypoderma nicht besonders ausgebildet. Chlorophyll führendes Parenchym unregelmässig gelagert. Gefässbündelcylinder durch Interfascicularcambium geschlossen. Dem Phloem sind Sklerenchymstränge vorgelagert, eben

solche finden sich im Xylem. Ausser spiralig verdickten treten auch getüpfelte Gefässe auf. Im Alter findet starke Korkbildung statt.

Blatt: Schliesszellen von zwei seitlich gelegenen Nebenzellen umgeben. Die Richtung des Spaltes ist keine bestimmte. Unter der flachen Epidermis liegt auf der Oberseite ein einschichtiges Pallisadenparenchym, welches besonders in den Blattlamina deutlich entwickelt ist. Der mittlere dickere Theil des Blattes, sowie der unter dem Pallisadenparenchym liegende Theil wird von chlorophyllhaltigem rundlichem Parenchym gebildet. Die die Mittelrippe des Blattes zusammensetzenden Gefässbündel sind, fünf oder sechs an der Zahl, zu einem nach oben offenen Halbmond verschmolzen, in welchem die Xylemtheile nach oben liegen.

Im Allgemeinen lässt sich nur bemerken, dass die anatomischen Befunde mit der zu Grunde gelegten Eintheilung so ziemlich übereinstimmen.

Das mechanische Moment kommt auch hier zur Geltung, indem die kugeligen Arten: *Mammillaria*, *Echinocactus* und *Echinopsis*, welche keine grosse Höhe erreichen und mithin dem Winde wenig Angriffsfläche bieten, einzig und allein ihr Hautskelet verstärken, im Innern aber keinerlei festes Gewebe besitzen. Im Gegensatz hierzu entwickeln die übrigen strauch- und baumartig wachsenden Gattungen unter theilweiser Rückbildung des Hypodermas starke sklerenchymatische Stränge, welche im Innern des Körpers einen Hohlcylinder bilden.

Einzel-Untersuchungen (in Bezug auf Sekretbehälter).

Melocacteae.

Anhalonium fissuratum Engelm.

enthält weder Schleimzellen, noch Milchsaft führende Gänge. Krystallzellen sind ziemlich zahlreich. Krystalldrusen von 0,098 mm Durchmesser zeigen eine für diese Gattung charakteristische Form. Dieselben bilden ein kugelförmiges sphaerokrystallähnliches Aggregat von monoklinen Prismen mit sehr kurzer Hauptaxe, welche in regelmässiger Weise um einen Mittelpunkt angeordnet sind und sich dachziegelförmig decken.

Ferner enthalten die meisten Zellen Sphaerokrystalle eines in der Form der Abscheidung dem Hesperidin ähnlichen, vielleicht neuen Körpers. Möglicherweise ist derselbe mit dem von Lewin[1] entdeckten Anhalonin identisch. Derselbe löst sich weder in kochendem Wasser, noch in Glycerin, wohl aber in Kalilauge, ohne jedoch dabei die für das Hesperidin charakteristische braune Färbung zu zeigen.

Pelecyphora aselliformis Ehrenb.

enthält weder milchsaftführende Gänge noch Schleimzellen. Krystallzellen sind häufig, besonders in den Warzen, wo sie zum Theil

---

[1]) L. Lewin, Ueber Anhalonium Lewinii. (Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie. Bd. XXIV.)

nebeneinander unter der Epidermis liegen. Die Form der Krystalldrusen ist dieser Gattung eigenthümlich und bestehen die letzteren aus einem kugelförmigen Aggregat von monoklinen Prismen mit kurzer Hauptaxe, die etwas mehr über die Oberfläche der Druse emporragen, als dies bei *Anhalonium* der Fall ist.

Mammillaria Haw.

Es folgt hier eine Liste der untersuchten Arten, welche sich in ziemlich gleichmässiger Weise über alle Gruppen vertheilen unter gleichzeitiger Angabe, ob die betreffenden Species milchsaftführende Gänge enthalten.

I. *Longimammae.*

M. longimamma D.C.

II. *Crinitae.*

M. Bocasana Poselg.
„ *glochidiata* Mart.
„ *multiceps* S.

III. *Heteracanthae.*

M. sanguinea Hge.
„ *elegans* D.C.
„ *Haageana* Pfr.
„ *rhodantha* Lk. A. O.
„ *pulchella* Hort. berol.
„ *fulvispina* Haw.
„ *nigra* Ehrenb. † [1])

Milchsaftführende Gänge im Durchmesser von 0,210 bis 0,280 mm verlaufen nur im Rindenparenchym des Körpers, ohne sich in die Warzen oder das Mark zu erstrecken. Der Milchsaft ist arm an Stärkekörnern.

IV. *Subsetosae.*

M. dolichocentra Lem.

V. *Centrispinae.*

M. applanata Engelm. †

VI. *Angulares.*

M. Webbiana Sem. †
„ *crocidata* Lem. †
„ *Emundtsiana* Hort. †
„ *Bockii* Foerst. †
„ *viridis* S. †
„ *hystrix* Mart. †

Durchmesser der Gänge 0,084 bis 0,140 mm. Maasse der Zellen: 0,070 × 0,112 × 0,084 mm.

---

[1]) † = Milchsaftführende Gänge enthaltend.

M. Foersteri Muelenpf. †
„ *pyrrhocephala* Schdw. †
„ *centricirra* Lem. †
„ *Hopferiana* Lke. †
„ *glauca* Dietr. †
„ *cirrifera* Mart. †
„ *angularis* O. †
„ *subangularis* DC. †
„ *megacantha* S. †
„ *Neumanniana* Lem. †
„ *Krameri* Muehlenpf. †
„ *pentacantha* Pfr. †
„ *magnimamma* Haw. †
„ *gladiata* Mart. †
„ *Zuccariniana* Mart. †

Durchmesser der Gänge 0,112 mm.
Maass der Zellen 0,196 × 0,224 × 0,196 mm.
Gänge am reichsten in dem chlorophyllführenden Parenchym entwickelt, meist die Gefässbündel begleitend.

M. macracantha DC. †

VII. *Stelligerae.*

M. subechinata S.
„ *anguinea* O.
„ *rufocrocea* S.
„ *elongata* DC.
„ *stella aurata* Mart.
„ *gracilis* Pfr.

VIII. *Aulacothelae.*

M. raphidacantha Lem. †

Milchsaftführende Gänge von 0,070 bis 0,140 mm Durchmesser, welche in typischer Weise im Rinden- und Chlorophyllführenden Parenchym verlaufen.

M. macrothele Mart.

enthält keine milchsaftführenden Gänge, aber zahlreiche Schleimzellen.
Maasse derselben: 0,210 × 0,332 × 0,210 oder
0,112 × 0,112 × 0,112 mm.
Maass der Zellen: 0,056 × 0,084 × 0,078 mm.

Unter der Epidermis findet sich im Hypoderma eine zusammenhängende Schicht von Quadratoktaedern.

Drüsen, von rother Farbe und plattgedrückt kugeliger Form, stehen bis zu dreien in den Axillen. Dieselben sondern einen wasserhellen Schleim ab. Sie bestehen aus einer mit hyaliner Cuticula versehenen Epidermis, die nur lose aufsitzt und sich abhebt, im Innern aus sehr kleinzelligem inhaltsreichen Gewebe. Sie sitzen einem Gewebepolster auf, in welchem mehrere Gefässstämme endigen, während Schleimzellen in grosser Zahl dieses im Körper liegende Gewebepolster umgeben.

M. elephantidens Lem.
„ *macromeris* Engelm. †

Dem äusseren Ansehen nach unterscheiden sich die milchsaftführenden Arten von den andern einmal durch die dunkelblaugrüne (glauke) Färbung ihres Körpers, durch die glatte Epidermis und durch die nur in verhältnissmässig geringer Zahl vorhandenen und unscheinbar gefärbten Stacheln.

Die Arten ohne Milchsaft besitzen dagegen eine hell- oder auch graugrüne mehr matte Färbung, zum Theil höckerig vorgewölbte Epidermiszellen, sehr zahlreiche, meist weisse oder bunte, in manchen Fällen haarartige Stacheln, die den Körper fast gänzlich decken und einhüllen. Eine Ausnahme hiervon macht eben die Gruppe der *Aulacothelae*, welche ihrem äusseren Ansehen nach nach obiger Definition zu den milchsaftführenden Gruppen zu rechnen sein würde.

Unwillkürlich kommt man nach dieser Betrachtung zu dem Schluss, dass der Milchsaft eine Art Schutzmittel gegen die Angriffe der Thierwelt bildet.

Melocactus communis DC.

Schleimzellen sind in geringer Anzahl vorhanden.
Maass derselben: 0,280 × 0,560 × 0,360 mm.
Maasse der Zellen: 0,280 × 0,196 × 0,210 mm.

Die Längsachse der Schleimzellen liegt horizontal. Sie finden sich nur im Rindenparenchym. Krystallzellen zahlreich, die Krystalldrusen von 0,140 mm Durchmesser halten in ihrer für die Gattung charakteristischen Form ungefähr die Mitte zwischen denen von *Pelecyphora* und *Opuntia*. Sie sind sternförmig, mit der Grundform des monoklinen Prismas, doch ist die Hauptaxe des Prismas kürzer, als bei *Opuntia*, in Folge dessen die Spitzen nicht so hervortreten. In dem sehr stark entwickelten, sklerenchymatisch ausgebildeten Hypoderma von grosser Festigkeit sind massenhaft prismatische Einzelkrystalle eingelagert.

Fasst man die Tribus der *Melocacteae* zusammen, so besitzen *Anhalonium* und *Pelecyphora* weder milchsaftführende Gänge, noch Schleimzellen, dagegen charakteristische Krystalldrusen, *Melocactus* ausser charakteristischen Drusen auch Schleimzellen.

Bei den *Mammillarien* deckt sich das anatomische Verhalten nicht ganz mit der oben angeführten Gruppen-Eintheilung; während den *Longimammae*, *Crinitae*, *Subsetosae* und *Stelligerae* die milchsaftführenden Gänge fehlen, sind sie bei den *Centrispinae* und *Angulares* vorhanden. Nicht so gleichmässig verhalten sich die noch übrigen zwei Gruppen. Von den *Heteracanthae* enthält *M. nigra* milchsaftführende Gänge, während sie den übrigen untersuchten Arten der Gruppe fehlen. Noch abweichender gestaltet sich das Verhältniss bei den *Aulacothelae*; *M. raphidacantha* und *macromeris* führen Milchsaft, *elephantidens* besitzt keine Sekretbehälter und *M. macrothele* ist die einzige *Mammillarie*, welche Schleimzellen führt. Da sie auch durch die eigenthümlichen Drüsen gänzlich von

den übrigen *Mammillarien* abweicht, so wurde diese Art nebst einigen andern ebenfalls Drüsen tragenden unter dem Gattungsnamen „*Coryphantha*" von Lemaire abgezweigt, welche Abzweigung nach Obigem auch vom anatomischen Standpunkt wünschenswerth erscheint.

Echinocacteae.

Malacocarpus corynodes S.

enthält zahlreiche Schleimzellen im Chlorophyll führenden Rinden- und Mark-Parenchym; am häufigsten sind dieselben in den Kanten. Ihre Grösse beträgt 0,168 × 0,210 × 0,224 mm. Die Grösse der Zellen: 0,140 × 0,184 × 0,198 mm. Die Längsachse liegt horizontal.

Astrophytum myriostigma Lem.

Weder Schleimzellen noch milchsaftführende Gänge vorhanden. In den Zellen des Hypoderma findet sich je ein sehr regelmässiges Quadratkoktaeder, Epidermis Wachs absondernd.

Echinocactus Lk. et Otto.

Echinocactus cylindraceus Engelm.

(Gruppe der *Cephaloidei*), Sekretbehälter fehlen.

E. electracanthus Lem. (*Macrogoni*).

Krystallzellen fehlen im Parenchym. In dem stark collenchymatisch entwickelten Hypoderma findet sich in jeder Zelle je eine sphaerokrystallähnliche Druse, welche aus sehr kleinen Kryställchen besteht, so dass bei tausendfacher Vergrösserung ihre Krystallform noch nicht erkennbar ist.

E. Lecontei Engelm. (*Uncinati.*)

Massenhafte Krystallzellen mit Drusen von 0,028 bis 0,210 mm Durchmesser im Rindenparenchym; im chlorophyllführenden Parenchym nur vereinzelt und klein. Grundform der Drusen prismatisch. In dem starken, collenchymatisch entwickelten Hypoderma in jeder Zelle je eine sphaerokrystallähnliche Druse.

E. crispatus D.C. (*Stenogoni*).

Zahlreiche Krystallzellen mit Drusen von 0,070 mm Durchmesser im Rindenparenchym. Hypoderma nicht entwickelt.

E. Ottonis Lehm. (*Microgoni.*)

Massenhafte Schleimzellen im Rindenparenchym.

Maasse derselben: 0,238 × 0,280 × 0,210 mm. Maasse der Zellen: 0,238 × 0,168 × 0,140 mm. Längsachse horizontal liegend, Krystallzellen mit eigenthümlichen Drusen, denen ein monoklines Prisma mit sehr langer Hauptaxe zu Grunde liegt.

E. gracillimus Lem. (*Microgoni*) halbjährige Pflanze. Sekretbehälter fehlen.

E. Monvillei Lem. (*Hypogoni*). Im chlorophyllführenden Parenchym zahlreiche Schleimzellen.

Maasse derselben: 0,210 × 0,420 × 0,200 mm. Maasse der Zellen: 0,112 × 0,140 × 0,110 mm. Krystallzellen fehlen.

Für die Gattung *Echinocactus* charakteristisch ist die Ausbildung des Hypoderma's, das sehr stark und collenchymatisch entwickelt ist, während in jeder Zelle desselben sich je eine Sphaerokrystallähnliche Druse befindet.

Wenn diese typische Entwickelung nicht bei allen untersuchten Gruppen nachgewisen werden konnte, so lag dies wohl lediglich an dem zu geringen Alter der verwendeten Exemplare, welches ca. 3 bis 5 Jahre betrug, während die Pflanzen mit entwickeltem Hypoderma Originalexemplare von vielleicht 10 bis 30 Jahre Alter waren. Die Entwickelung des Hypoderma und die Anhäufung von Krystalldrusen in demselben schreitet bis zu einem gewissen Alter vor, worauf dann ausserhalb des Hypoderma's Korkentwickelung eintritt, während das Hypoderma nach und nach undeutlich wird. Die Ausbildung des Hypoderma's zeigt eine gewisse Aehnlichkeit einmal mit *Melocactus*, in zweiter Linie mit den noch zu betrachtenden *Opuntien.* Schleimzellen wurden bei *E. Ottonis* Lehm. aus der Gruppe der *Microgoni* gefunden, während *E. gracillimus* Lem. derselben Gruppe solche nicht besitzt. Schleimzellen enthält ferner *E. Monvillei* Lem.

Fasst man die Tribus der *Echinocacteae* zusammen, so sieht man, dass hier milchsaftführende Gänge nicht auftreten. Dieselben fehlen auch allen noch folgenden Tribus. Schleimzellen finden sich bei *Malacocarpus* und bei dem im äusseren Habitus sehr ähnlichen *Echinocactus Ottonis*, ferner bei *E. Monvillei. Astrophytum* schliesst sich durch das Fehlen von Schleimzellen und die Beschaffenheit des Hypodermas eng an die übrigen *Echinocacteen* an.

Cereastreae.

Leuchtenbergia principis Fisch.

In den Zellen des collenchymatisch entwickelten Hypoderma liegt je ein sehr regelmässig ausgebildeter Sphärokrystall von 0,014 bis 0,070 mm Durchmesser. Im Parenchym sind verzweigte intercellulare Gänge vorhanden von 0,028—0,042 mm Durchmesser. Dieselben verlaufen nach der Peripherie zu zwischen den Zellen des Hypoderma bis an die Epidermiszellen. In dem untersuchten Exemplar enthielten sie wenig Inhalt, doch schien derselbe dem Milchsaft der *Mammillarien* analog zu sein. Im inneren Gewebe finden sich vereinzelte Krystallzellen mit Sphaerokrystallen von 0,042 bis 0,098 mm Durchmesser mit runzlicher Oberfläche.

Echinopsis Zucc.

Echinopsis Duvallii (*Tuberculatae*).

Schleimzellen sind zahlreich in Rinde und Mark vorhanden. Sie zeigen körnige Struktur mit deutlicher Schichtung und enthalten Vakuolen. Oxalatdrusen fehlen. Die Maasse der Schleimzellen betragen 0,280 — 0,220 — 0,168 mm und stimmen dieselben an Grösse genau mit den gewöhnlichen Zellen überein.

E. Eyriesii Zucc. (*Costatae*).

Schleimzellen finden sich nur in geringer Menge im Chlorophyll führenden Parenchym und im Mark, im Rindenparenchym fehlen sie gänzlich. Am grössten ist ihre Zahl in den Kanten. Maasse der Schleimzellen: 0,126 × 0,154 × 0,180 mm, mit der Grösse der übrigen Zellen übereinstimmend. In den Kanten vereinzelte Oxalatdrusen.

Pilocereus Russellianus hort. ber.

Sehr zahlreiche Schleimzellen im Chlorophyll führenden Parenchym, Rinde und Mark.
Maasse derselben: 0,140 × 0,154 × 0,210 mm,
Maasse der Zellen: 0,140 × 0,098 × 0,112 mm.
Längsachse horizontal. Oxalatdrusen fehlen.

Cereus Haw.

Cereus eriophorus Hort. berol. (*Sulcati*).

Schleimzellen im Chlorophyll führenden Parenchym zahlreich;
Maasse derselben: 0,140 × 0,140 × 0,168 mm,
Maasse der Zellen: 0,098 × 0,084 × 0,098 mm.

C. Peruvianus Haw. (*Angulati*).

Schleimzellen in Rinde und Mark nicht sehr zahlreich.
Maasse derselben: 0,224 × 0,210 × 0,322 mm,
Maasse der Zellen: 0,168 × 0,252 × 0,350 mm.

C. Baxaniensis Karw. (*Articulati*).

Schleimzellen nur im Mark vorhanden.
Maasse derselben: 0,140 × 0,168 × 0,280 mm,
Maasse der Zellen: 0,070 × 0,112 × 0,140 mm.
Die Längsachse der Schleimzellen liegt vertikal, sie enthalten sehr zahlreiche kleine Quadratoktaeder.

C. flagelliformis Haw. (*Radicantes*).

Massenhafte grosse Schleimzellen in der Rinde, zahlreiche kleinere im Mark.
Maasse der Schleimzellen in der Rinde: 0,182 × 0,168 × 0,140 mm,
im Mark: 0,054 × 0,070 × 0,050 mm.
Maasse der Zellen: 0,084 × 0,084 × 0,070.

C. grandiflorus Haw. (*Radicantes*).

Grosse Schleimzellen in der Rinde, kleinere im Mark. Maasse derselben in der Rinde: 0,360 — 0,490 — 0,602 mm,
im Mark: 0,154 — 0,140 — 0,182 mm.
Maasse der Zellen: 0,084 — 0,140 — 0,168 mm.
In Rinde und Mark Krystallzellen.

C. speciosissimus DC. (*Radicantes*).

Massenhafte grosse Schleimzellen in Rinde und Mark.
Maasse derselben: 0,280 — 0,224 — 0,350 mm,

Maasse der Zellen: 0,140 — 0,182 — 0,210 mm.
Oxalatdrusen von 0,070 bis 0,154 mm Durchmesser. In den Schleimzellen Sphaerokrystalle.

Echinocereus Engelm.

Echinocereus cinerascens DC. (*Lophogoni*).

Schleimzellen im ganzen Körper zahlreich vorhanden.
Maasse derselben: 0,112 — 0,210 — 0,168 mm,
Maasse der Zellen: 0,196 — 0,224 — 0,140 mm.
Im Rindenparenchym Krystallzellen häufig mit Krystalldrusen von 0,126 mm Durchmesser; mitunter finden sich sehr regelmässige Einzel-Oktaeder von 0,112 mm Durchmesser.

E. Spachianus Lem. (*Proliferi*).

Grosse Schleimzellen im chlorophyllführenden Parenchym zahlreich, in Rinde und Mark vereinzelt.
Maasse derselben: 0,210 — 0,294 — 0,332 mm,
Maasse der Zellen: 0,182 — 0,168 — 0,112 mm.
Die Schleimzellen enthalten Quadratoktaeder.

Ein Rückblick auf die *Cereastreae* ergibt, dass mit Ausnahme von *Leuchtenbergia* Schleimzellen stets vorhanden sind. Durch das Vorkommen von intercellularen Gängen, deren Inhalt nicht genügend festgestellt werden konnte, schliesst sich diese Gattung eng an die *Mammillarien* an, während sie in der Ausbildung des Hypodermas den *Echinocacteae* ähnelt. Ausserdem besitzt sie wohl die grössten bis jetzt bekannten Sphaerokrystalle. Die Schleimzellen treten in chlorophyllführendem Rinden- und Mark-Parenchym auf und erreichen die grösste Entwicklung im ersteren, nur selten im Rindenparenchym. Nur in der Gruppe der *Articulati* (*C. Baxaniensis*) sind die Schleimzellen auf das Mark beschränkt.

Phyllocacteae.

Phyllocactus Link.

Phyllocactus Ackermanni Haw.

Sehr zahlreiche Schleimzellen in Rinde und Mark.
Maasse derselben: 0,140 — 0,120 — 0,154 mm,
Maasse der Zellen: 0,140 — 0,084 — 0,098 mm.
Grosse Krystallzellen häufig.

Ph. anguliger Lem.

Schleimzellen liegen fast alle unter der Epidermis, ganz vereinzelt in der Rinde, fehlen im Mark.
Maasse derselben: 0,098 — 0,154 — 0,200 mm,
Maasse der Zellen: 0,154 — 0,168 — 0,196 mm.
Ein Fall, in dem die Schleimzellen kleiner als die übrigen Zellen sind. Krystallzellen finden sich vereinzelt.

Epiphyllum Pfeiff.

Epiphyllum truncatum Haw.

Schleimzellen zahlreich, nach den Kanten des Sprosses an Menge zunehmend.

Maasse derselben: 0,140 — 0,196 — 0,112 mm,
Maasse der Zellen: 0,140 — 0,112 — 0,084 mm.

E. Russellianum Hook. *var. Gaertneri* Hort.

Schleimzellen sehr zahlreich, in manchen Fällen zusammenstossend und scheinbar Gänge bildend, in der Grösse sehr variirend.

Maasse derselben: 0,084 — 0,140 — 0,120 mm bis
0,168 — 0,182 — 0,252 mm,
Maasse der Zellen: 0,112 — 0,182 — 0,084 mm.

In den Schleimzellen kleine Gruppen von Quadratoktaedern. Krystallzellen besonders im Mark häufig, Sphaerokrystalle von 0,126 mm Durchmesser enthaltend.

Für die Tribus der *Phyllocacteae* ergibt sich folgendes Resultat: Schleimzellen, die an Grösse die übrigen Zellen nur wenig übertreffen, durchsetzen Rinde und Mark und häufen sich besonders in den Kanten an.

Rhipsalideae.

Rhipsalis Gärtn.

Rhipsalis pachyptera Pfr. (*Alatae*).

Vereinzelte Schleimzellen in der Rinde.

Maasse derselben: 0,196 — 0,196 — 0,098 mm,
Maasse der Zellen: 0,140 — 0,140 — 0,112 mm.

Krystallzellen vereinzelt, regelmässige Drusen enthaltend, denen ein monoklines Prisma zu Grunde liegt.

Rh. paradoxa S. (*Angulosae*).

Keine Schleimzellen vorhanden; in der Rinde grosse Krystallzellen in Menge.

Rh. Cassytha Gaertn. (*Teretes*).

Schleimzellen im Rindenparenchym häufig.

Maasse derselben: 0,084 — 0,084 — 0,168 mm. Längsachse vertikal. Maasse der Zellen: 0,084 — 0,084 — 0,098 mm. Krystallzellen mit sternförmigen Krystalldrusen von 0,056 mm Durchmesser.

Rh. mesembryanthemoides Haw. (*Articuliferae*).

Schleimzellen sehr zahlreich vorhanden.

Maasse derselben: 0,140 — 0,112 — 0,182 mm,
Maasse der Zellen: 0,098 — 0,126 — 0,140 mm.

In den Schleimzellen Quadratoktaeder. Krystallzellen selten.

Rh. salicornioides Haw. (*Articuliferae*).

Schleimzellen in Rinde und Mark zahlreich.

Maasse derselben: 0,140 — 0,182 — 0,224 mm,
Maasse der Zellen: 0,056 — 0,098 — 0,084 mm.
Krystallzellen häufig sternförmige Drusen mit der Grundform eines monoklinen Prismas enthaltend.

Pfeiffera cereiformis S.

Schleimzellen zahlreich.
Maasse derselben: 0,140 — 0,182 — 0,112 mm,
Maasse der Zellen: 0,112 — 0,112 — 0,084 mm.
Zahlreiche Krystallzellen mit Drusen von 0,112 mm Durchmesser und rundlicher Gestalt.

Lepismium commune Pfr.

Schleimzellen in der Rinde ziemlich zahlreich, im Mark fehlend.
Maasse derselben: 0,182 — 0,224 — 0,280 mm,
Maasse der Zellen: 0,084 — 0,126 — 0,140 mm.
In den Schleimzellen finden sich Quadratoktaeder und in einigen schwärzliche Sphaerokrystalle von zweifelhafter Natur.

Eine Zusammenfassung der *Rhipsalideae* ergiebt Folgendes: Schleimzellen sind mit Ausnahme von *Rh. paradoxa* vorhanden, in der Rinde zahlreich, im Mark vereinzelt. Sie übertreffen die übrigen Zellen an Grösse um die Hälfte bis das Doppelte und enthalten in fast allen Fällen Einzelkrystalle oder auch Sphaerokrystalle. Krystallzellen mit Drusen verschiedener Gestalt meist in geringer Anzahl vorhanden.

Opuntieae.

Opuntia Mill.

Opuntia Boliviana S. (*Glomeratae*).

Sehr zahlreiche Schleimzellen.
Maasse derselben: 0,112 × 0,112 × 0,140 mm,
Maasse der Zellen: 0,098 — 0,098 — 0,112 mm.
Krystalldrusenschicht unter der Epidermis. Krystallzellen vereinzelt im Mark. Im chlorophyllführenden Parenchym liegt die Längsachse der Schleimzellen horizontal, in Rinde und Mark vertikal. In den Schleimzellen finden sich Quadratoktaeder.

O. papyracantha (*Platyacanthae*).

Schleimzellen in geringer Zahl vorhanden.
Maasse derselben: 0,112 — 0,084 — 0,084 mm,
Maasse der Zellen: 0,070 — 0,084 — 0,098 mm.
Krystalldrusenschicht unter der Epidermis.

O. Salmiana Parm. (*Divaricatae*).

Schleimzellen nicht sehr zahlreich.
Maasse derselben: 0,084 — 0,112 — 0,154 mm,
Maasse der Zellen: 0,084 — 0,098 — 0,098 mm.
Krystalldrusenschicht unter der Epidermis. In den Schleimzellen findet sich je eine sternförmige Druse.

O. Bernardina Hort. Hge. et Schm.

Krystalldrusenschicht unter der Epidermis.

Maasse der Schleimzellen: 0,140 — 0,112 — 0,098 mm,

Maasse der Zellen: 0,112 — 0,070 — 0,042 mm.

O. vulgaris Mill. (*Ellipticae*).

Krystalldrusenschicht unter der Epidermis. Schleimzellen massenhaft vorhanden.

Maasse derselben: 0,154 — 0,252 — 0,112 mm.

Maasse der Zellen: 0,126 — 0,154 — 0,070 mm.

Krystallzellen mit grossen unregelmässigen Drusen, denen ein monoklines Prisma mit kurzer Hauptaxe zu Grunde zu liegen scheint.

O. Rafinesquiana Engelm.

Zusammenhängende Krystalldrusenschicht unter der Epidermis. Schleimzellen zahlreich.

Maasse derselben: 0,154 — 0,112 — 0,140 mm,

Maasse der Zellen: 0,112 — 0,084 — 0,126 mm.

Krystallzellen mit sternförmigen Drusen in grosser Zahl im Parenchym.

O. Ficus indica Mill.

Einjähriger Spross: Krystalldrusenschicht unter der Epidermis. Schleimzellen zahlreich.

Maasse derselben: 0,140 — 0,210 — 0,224 mm.

Krystallzellen nicht sehr häufig.

Zehnjähriger Stamm: Schleimzellen sehr selten, meist grosse sternförmige Drusen enthaltend. Im Rindenparenchym zahlreiche Drusen, aus Prismen mit sehr langer Hauptaxe bestehend. Krystallzellen massenhaft vorhanden. Ueber dem Hypoderma eine starke Korkschicht.

O. albicans S.

Epidermiszellen mit körnigem Wachsüberzug bekleidet. Krystalldrusenschicht unter der Epidermis. Krystallzellen vereinzelt. Schleimzellen in Rinde und Mark, zum Theil viele Vakuolen enthaltend.

Maasse derselben: 0,140 — 0,168 — 0,112 mm,

Maasse der Zellen: 0,140 — 0,112 — 0,112 mm.

O. filipendula Engelm. (*Setispinae*).

Schleimzellen massenhaft vorhanden.

Maasse derselben: 0,112 — 0,168 — 0,112 mm,

Maasse der Zellen: 0,140 — 0,112 — 0,126 mm.

Längsachse horizontal. Unter der Epidermis eine Schicht von 0,028 mm im Durchmesser haltenden Sphärokrystallen. Um die Gefässe herum Krystallzellen mit sternförmigen Drusen. In den Schleimzellen finden sich central gelegene, kleine, sternförmige Drusen.

O. rubescens S. (*Cruciatae*).

Halbjährige Pflanze. Schleimzellen in geringer Anzahl im chlorophyllführenden Parenchym vorhanden.
Maasse derselben: 0,126 — 0,140 — 0,182 mm,
Maasse der Zellen: 0,112 — 0,168 — 0,196 mm.
Krystalldrusenschicht unter der Epidermis. Vereinzelte Krystallzellen mit sternförmigen Drusen in der Nähe der Gefässbündel.

O. Brasiliensis Haw. (*Paradoxae*).

Schleimzellen zahlreich:
Maasse derselben: 0,126 — 0,140 — 0,168 mm,
Maasse der Zellen: 0,084 — 0,098 — 0,112 mm.
Krystallzellen sehr zahlreich, mit sternförmigen Drusen von 0,042 mm Durchmesser. In den Schleimzellen findet sich je eine sternförmige Druse von 0,014 bis 0,028 mm Durchmesser. Krystalldrusenschicht unter der Epidermis ziemlich lückenhaft, aus sphaerokrystallähnlichen Drusen bestehend.

O. brachyarthra Engelm. (*Xerocarpeae*).

Schleimzellen massenhaft vorhanden.
Maasse derselben: 0,084 — 0,098 — 0,140 mm,
Maasse der Zellen: 0,084 — 0,084 — 0,098 mm.
Krystalldrusenschicht unter der Epidermis.

O. leonina Hge. et Schm. (*Clavatae*).

Schleimzellen vereinzelt.
Maasse derselben: 0,098 — 0,168 — 0,140 mm,
Maasse der Zellen: 0,084 — 0,098 — 0,112 mm.
Schleimzellen im chlorophyllführenden Parenchym horizontal, im Mark vertikal gestreckt. Krystalldrusenschicht unter der Epidermis.

O. arborescens Engelm. (*Cylindricae*).

Schleimzellen ziemlich zahlreich.
Maasse derselben: 0,182 — 0,126 — 0,126 mm,
Maasse der Zellen: 0,084 — 0,112 — 0,126 mm.
Krystalldrusenschicht unter der Epidermis. Krystallzellen mit sternförmigen Drusen von 0,042 mm Durchmesser.

Aus Obigem geht hervor, dass für die *Opuntien* die sphaerokrystallähnlichen Oxalatdrusen, die je eine Hypodermazelle ausfüllend, in dichter Schicht unter der Epidermis liegen, charakteristisch sind. Schleimzellen, meist von doppelter Grösse im Vergleich zu den übrigen Zellen, sind stets vorhanden und enthalten sternförmige Drusen. Krystallzellen im Parenchym zahlreich. Bei einigen Arten findet sich ein Wachsüberzug.

Peireskieae.

Peireskia **Mill.**

Peireskia subulata Mhlpf.

Stamm: Schleimzellen zahlreich, von Vakuolen durchsetzt.
Maasse derselben: 0,280 — 0,168 — 0,210 mm,
Maasse der Zellen: 0,084 — 0,112 — 0,140 mm.

Unter der Epidermis eine zusammenhängende Schicht von sphaerokrystallähnlichen Drusen vorhanden. Im Parenchym Krystallzellen häufig, sternförmige Drusen von 0,028 bis 0,056 mm Durchmesser enthaltend, denen ein monoklines Prisma mit sehr langer Hauptaxe zu Grunde liegt. Blatt: Schleimzellen in geringer Zahl vorhanden.

Maasse derselben: 0,196 — 0,098 — 0,210 mm,
Maasse der Zellen: 0,140 — 0,112 — 0,112 mm.

P. aculeata Plum.

Stamm: Grosse Schleimzellen in Rinde und Mark sehr häufig.
Maasse derselben: 0,168 — 0,154 — 0,084 mm,
Maasse der Zellen: 0,070 — 0,070 — 0,098 mm.
Krystallzellen in Rinde und Mark. Blatt: Schleimzellen unregelmässig vertheilt; theils direkt unter der Epidermis liegend, theils tiefer.
Maasse derselben: 0,098 — 0,098 — 0,112 mm,
Maasse der Zellen: 0,054 — 0,042 — 0,070 mm.
Vereinzelte Krystallzellen.

P. Bleo DC.

Stamm: Schleimzellen in Rinde und Mark.
Maasse derselben: 0,280 — 0,308 — 0,364 mm.
Mitunter kurze Gänge von 0,084 mm Durchmesser bildend.
Maasse der Zellen: 0,070 — 0,084 — 0,112 mm.
Krystallzellen zahlreich.
Blatt: Die Hauptmasse der Schleimzellen im Pallisadenparenchym an der Oberseite des Blattes.
Maasse derselben: 0,098 — 0,154 — 0,126 mm,
Maasse der Zellen: 0,070 — 0,098 — 0,056 mm.
Krystallzellen vorhanden.

Für die *Peireskieae* ergibt sich mithin: *P. subulata* nähert sich ihrem anatomischen Verhalten nach den *Opuntien*. Im Uebrigen sind bei den *Peireskien* Scheimzellen immer vorhanden, die übrigen Zellen an Grösse um das Doppelte bis Vierfache übertreffend, mitunter zu kurzen Gängen verschmelzend. Sie fehlen den Blättern ebenfalls nicht, sind aber hier beträchtlich kleiner. Krystallzellen mit unregelmässigen Oxalatdrusen sind in Zweigen und Blättern vorhanden.

Versucht man die gesammte Familie der *Cacteen* in Bezug auf das Vorkommen und die Vertheilung der Sekretbehälter zusammenzufassen, so erhält man folgendes Resultat:

1. Nur Krystallzellen vorhanden.

a. unregelmässig vertheilt:

Anhalonium, *Mammillariae longimammae*, *crinitae*, *heteracanthae* p. p., *subsetosae*, *stelligerae*, *M. elephantidens Lem.*, *Rhipsalis paradoxa* S.

b. eine zusammenhängende Schicht unterhalb der Epidermis bildend, indem in jeder Zelle des Hypoderma je ein Einzelkrystall oder eine Krystalldruse liegt:

Pelecyphora, *Astrophytum*, *Echinocactus* z. g. T.

2. Milchsaftführende Gänge und Krystallzellen vorhanden.

Mammillariae: centrispina und *angulares: M. nigra* Ehrenb., *rhaphidacantha* Lem., *macromeris* Engelm., *Leuchtenbergia?*

3. Schleimzellen und Krystallzellen vorhanden.

a. Krystallzellen unregelmässig vertheilt:

Malacocarpus, *Echinocactus Ottonis* Lehm., *Monvillei* Lem.; *Echinopsis*, *Pilocereus*, *Cereus*, *Echinocereus*, *Phyllocactus*, *Epiphyllum*, *Rhipsalis*, *Pfeiffera*, *Lepismium*, *Peireskia*.

b. Krystallzellen eine zusammenhängende Schicht unter der Epidermis bildend:

Mammillaria macrothele Mart., *Melocactus*, *Opuntia*, *Peireskia subulata* Mhlpf.

Nachdem die Verbreitung der Schleimzellen in der Familie der *Cacteen* durch vorstehende Untersuchungen festgestellt ist, möchte ich hier Einiges über die Schleimzellen selbst, sowie über die Lage und Vertheilung derselben im Allgemeinen anschliessen. Der Inhalt der Schleimzellen besteht aus einer hyalinen Grundmasse, der hin und wieder kleine Körnchen eingelagert sind. Dieselbe zeigt am Rande eine der Zellwand parallel verlaufende Schichtung, während in der Mitte meist eine unregelmässig gestaltete Masse vorhanden ist. In anderen Fällen ist die Grundmasse von Vakuolen durchsetzt. Oft enthalten die Schleimzellen Oxalat-Krystalle, sowohl Einzelkrystalle, Quadratoktaeder und Prismen, als auch Krystalldrusen, sowie Sphaerokrystalle.

Schleim- oder Gummigänge, wie solche von den älteren Autoren als im Phloem oder in der Nähe desselben verlaufend angegeben werden, konnte ich trotz der so zahlreich angestellten Untersuchungen nicht auffinden. Den einzigen Fall, der an Gänge erinnert, sah ich im Stamm der *Peireskien*. Hier fliessen mehrere hinter einander liegende Schleimzellen zusammen und bilden so verschieden lange Zellen oder gewissermaassen Gänge. Dieselben liegen jedoch sowohl in der Rinde als im Mark und lassen keinerlei Beziehung zu dem Phloemtheil der Gefässbündel erkennen, auch anastomosiren sie weder miteinander, noch verzweigen sie sich. In allen anderen Fällen sind nur Schleimzellen vorhanden, die sich fast immer durch ihre Grösse auszeichnen; von gleichem Durchmesser mit den umliegenden Parenchymzellen beginnend (bei *Pilocereus*, *Rhipsalis*), bis zu doppeltem und fünffachem Durchmesser anwachsend (bei *Opuntia* und *Peireskia*).

Die Schleimzellen verhalten sich in der Lage ihrer Längsachse, soweit eine solche zu unterscheiden ist, analog dem umgebenden Zellgewebe. Dieselbe liegt daher in dem chlorophyllführenden Parenchym, dessen Zellen horizontal gestreckt sind, horizontal; im Rindenparenchym tritt eine Längsachse nur bei den *Peireskien* hervor, bei welchen sie wie die des Zellgewebes vertikal steht. Eine gleiche Lage ist für das Markparenchym Regel.

Die Hauptentwicklung der Schleimzellen findet in dem chlorophyllführenden Parenchym statt, sowohl was Grösse als Häufigkeit anbetrifft. Bei Arten, die nur wenige Schleimzellen besitzen, liegen sie an dieser Stelle. Von der Peripherie nimmt ihre Grösse nach Innen zu ab, ist folglich im Mark am geringsten. Bei manchen Gattungen, *Phyllocacteen* und *Cereen*, kommt dazu noch eine zweite Anhäufung der Schleimzellen im Mark, doch stehen diese an Grösse denen der Rinde weit nach. Das Maximum an Grösse und Zahl erreichen sie in den vorspringenden Kanten, Flügeln und Warzen und erfüllen sie diese mitunter vollständig. In den Blättern der *Opuntien* finden sie sich vereinzelt im Pallisadenparenchym. Bei den *Peireskien* liegen, wie schon oben erwähnt, die Schleimzellen der Längsachse der Pflanze parallel. Sie sind von bedeutender Grösse und in Rinde und Mark gleich häufig. Bei *Peireskia Bleo* verschmelzen sie zum Theil zu Schleimgängen, die dann einen erheblich geringeren Durchmesser zeigen als die einzelnen Schleimzellen. In den Blättern liegen die Schleimzellen vereinzelt im Pallisadenparenchym, bald direkt unter der Epidermis, bald tiefer.

In den Wurzeln sind keine Schleimzellen vorhanden, weder in den rübenförmigen Hauptwurzeln, noch in den Faserwurzeln. Sie fehlen ebenso den Luftwurzeln, welche bei einigen schleimführenden Arten vorkommen. Desto zahlreicher treten sie in den Blüten und Früchten auf. In den ersteren erstreckt sich ihre Verbreitung bis in die Blumenblätter, in den letzteren finden sie sich in grosser Menge in den Carpellen.

Sekret der Schleimzellen.

Die Wandung der Schleimzellen, die in allen Fällen deutlich erkennbar ist, färbt sich mit Jod und Schwefelsäure blau, besteht also aus Cellulose. Ein Unterschied von der Wandung der übrigen Zellen ist nicht wahrzunehmen.

Bei der Behandlung mit Jodjodkalium verquillt in Folge des Zutretens von Wasser der Schleim und es zeigt sich im Innern der Zellen ein Plasmanetz, in welchem einige blau gefärbte Stärkekörnchen (Reste von Chromatophoren) hängen, ausserdem einige hellglänzende Körperchen. Auf Zusatz von Kali (zu dem in Alkohol liegenden Schnitt) tritt eine leichte Quellung der Schleimzellen ein, dieselben werden durchsichtig, ohne dass der Schleim heraustritt. Schwefelsaures Kupferoxyd und nachfolgende Behandlung mit Kalilösung färbt den Schleim hellblau. Mit Alkannatinktur gibt der Schleim die bekannte Reaktion. Hanstein's Anilinviolett färbt dieselben intensiv violett. Chloroform löst einen Theil des Sekretes, lässt aber einen körnigen Rückstand.

Hieran anschliessend möchte ich Einiges über die Behandlungsmethoden, die sich am besten bewährten, mittheilen.

Das beste Härtungsmittel ist Alkohol, doch muss derselbe in verschiedenen Stärkegraden angewendet werden, indem er bei Arten mit massenhaften Schleimzellen, wie z. B. *Opuntien*, in zu

starker Concentration Sprödigkeit verursacht. In allen Fällen genügt Alkohol von 90 %, der natürlich bei der Härtung dickerer Stücke mehrmals gewechselt werden muss. Er ist zugleich das beste Medium für das Einlegen beim Betrachten der Schnitte, vorausgesetzt, dass dieselben dünn genug sind. Um das schnelle Verdunsten des Alkohols zu verhindern, wurden solche Präparate provisorisch mit einer durch Wärme flüssig gemachten Mischung von Guttapercha und Rindertalg verschlossen.

Bei dickeren Schnitten, wie sie des Volumens der Schleimzellen wegen häufig untersucht werden mussten, wurde mit Vortheil Nelkenöl angewandt, welches den Schleim nicht löst und in welchem die Schleimzellen in Folge des Durchsichtigwerdens des übrigen Zellgewebes sehr deutlich und scharf hervortreten. Um Schrumpfung zu vermeiden, müssen die Schnitte jedoch vorher genügend in absolutem Alkohol gehärtet sein. Bleiessig, welchen Meyer in seiner Abhandlung über die Knollen der einheimischen *Orchideen**) empfiehlt, um das Quellen des Schleimes zu verhindern, hatte diese Wirkung nur bei einigen Arten, z. B. *Opuntien*, während bei den meisten der Schleim sich löste. Zum Einschliessen ven Schleimzellenpräparaten diente Canadabalsam. Färbemittel können nur in alkoholischer Lösung in Betracht kommen und empfehlen sich hier in erster Reihe Fuchsin, Methylviolett, Methylgrün und besonders eine Mischung von Fuchsin und Methylviolett, das sogenannte Hanstein'sche Anilinviolett. Ausserdem färbt alkoholische Haematoxylintinktur den Schleim lebhaft, während Eosin ihn nicht tingirt. Hierauf beruht die Möglichkeit einer Doppelfärbung, da Eosin das Zellgewebe lebhaft färbt. Man bringt die Schnitte in eine alkoholische Methylgrünlösung; nachdem die Schleimzellen gehörig gefärbt sind, für ganz kurze Zeit in ebensolche Eosinlösung, hellt mit Nelkenöl etwas auf und schliesst in Canadabalsam ein. Die grün gefärbten Schleimzellen heben sich dann sehr deutlich von dem rosa Untergrund ab.

Milchsaftführende Gänge.

Viele Arten von *Mammillaria* sind durchsetzt von einem System von Gängen, die beim Anschneiden einen weissen, dicklichen, an der Luft bald erhärtenden Saft in ziemlicher Menge ausfliessen lassen. Dieser Saft ist in Wasser unlöslich, in Chloroform bei längerer Einwirkung und genügender Menge vollständig löslich, Alkohol löst Spuren davon, Aether einen Bruchtheil. Da ferner Alkannatinktur die Gänge lebhaft roth färbt, so möchte ich den Inhalt als ein Gemenge von harz- und kautschukartigen Substanzen betrachten.

Der Durchmesser der Gänge ist sehr schwankend und differirt von 0,042 bis 0,140 mm, während die Maasse der Zellen 0,070 $\times$ 0,098 $\times$ 0,112 mm betragen.

---

*) Arthur Meyer, Ueber die Knollen der einheimischen Orchideen. (Archiv der Pharmacie. Bd. XXIV. Göttingen 1886.)



Der Verlauf dieser Gänge ist ein regelloser; im Innern der Pflanze sind sie sehr vereinzelt, nach der Peripherie nehmen sie an Häufigkeit zu. Im Rindenparenchym anastomosiren sie mit einander und schicken zahlreiche Aeste in das chlorophyllführende (Pallisaden-) Parenchym, besonders in dasjenige der Warzen. Hier folgen die Gänge dem Verlauf der Zellreihen und erstrecken sich bis unter das Hypoderma. Im Rindenparenchym der Hauptwurzeln sind ebenfalls zahlreiche milchsaftführende Gänge von 0,070 bis 0,140 mm Durchmesser vorhanden; bis in die kleineren Nebenwurzeln scheinen sich dieselben nicht zu erstrecken, wenigstens konnten in den untersuchten Schnitten solche nicht aufgefunden werden, auch ergaben Verwundungen von Wurzeln lebender Pflanzen negative Resultate.

Der Inhalt der Gänge lässt bei genügender Vergrösserung eine schwach glänzende hyaline Grundmasse erkennen, in welcher kleine Körnchen neben grösseren, aus kleinen Körnchen zusammengesetzten Chlorophyll ähnlichen Körpern vertheilt sind. Die Gänge selbst sind intercellulare Räume.

Von Farbstoffen färben Eosin und Corallin die Gänge schon bei kurzer Einwirkung, Haematoxylin dagegen nur schwach; gut anwendbar sind ferner Fuchsin, Methylgrün und Hanstein'sches Anilinviolett. Methylgrünessigsäure färbt die Gänge gut und lässt die Struktur schön hervortreten. Zum Einschluss der gefärbten Präparate wurde mit Vortheil eine gesättigte Lösung von arabischem Gummi in essigsaurem Kali verwendet, die sogenannte Hoyer'sche Einschlussflüssigkeit für Anilinpräparate.

Als Substanz von zweifelhafter Natur und Zusammensetzung mag hier der Inhalt des Phloems bei sämmtlichen Cacteen erwähnt werden. Man findet nämlich die Phloemtheile der Bündel stets mit einer Masse erfüllt, die bei den Schleimzellen führenden Arten mit diesem Schleim identisch zu sein scheint. Sie löst sich in Wasser und zeigt dieselben Reaktionen und gleiche Tinktionsfähigkeit. Bei den *Mammillarien* verhält sich der Inhalt des Phloems analog dem der milchsaftführenden Gänge mit dem einzigen Unterschiede, dass im Phloem die Stärkekörner, sowie die anderen körnigen Inhaltskörper des Milchsaftes fehlen.

Betrachtet man nun Schnitte dieser Pflanzen in einem den Schleim oder Milchsaft nicht lösenden Medium, so erscheint der Phloemtheil als Schleim- beziehentlich Milchsaft führender Gang, da die sehr dünnwandigen, fast gleichen Brechungsexponenten wie der Schleim besitzenden Bastzellenwände beinahe unsichtbar sind. Hierdurch mag wohl die irrige Angabe schleimführender Gänge für die *Opuntien* bei den älteren Autoren entstanden sein. Man kann sich leicht von dem Irrthum überzeugen, wenn man den Schleim löst und die Schnitte tingirt, wo dann an Stelle des früheren Ganges das Gewebe der Phloemzellen klar hervortritt.

In den keine Milchsaft führenden Gänge enthaltenden Arten der *Mammillarien* zeigt der Phloemtheil denselben Inhalt. Auch hier konnte nur festgestellt werden, dass derselbe sich in gleicher

Weise gegen Reagentien und Farbstoffe verhält, wie der der Milchsaft führenden Arten.

Ueber den Inhalt des Phloems der keine Sekretbehälter enthaltenden Arten liess sich etwas Sicheres nicht feststellen.

Krystallzellen.

Die dritte und letzte Art von Sekretbehältern, die sich bei allen *Cacteen* ohne Ausnahme finden, sind die Krystallzellen. Es sind dies gewöhnliche dünnwandige Zellen, die im ausgebildeten Zustand als einzigen Inhaltskörper eine Krystalldruse von oxalsaurem Kalk im Zellsaft schwimmend enthalten. Das Vorkommen mehrerer Drusen in einer Zelle ist selten.

Die Krystallzellen treten vereinzelt auf, können aber auch so ungeheure Häufigkeit erlangen, dass sie bis zu 85 % der Asche bilden. Das letztere ist in alten verholzten Stämmen der Fall. Die verbreitetste Form ihres Auftretens sind aus monoklinen Prismen zusammengesetzte Drusen von regelmässiger Form, die an einen Morgenstern erinnern. Die Spitzen dieses Sternes sind, entsprechend der kürzeren oder längeren Hauptaxe der ihn zusammensetzenden Einzelkrystalle, je nach der Art und Gattung, bald spitzer, bald stumpfer. Charakteristisch ist diese Form besonders für die *Opuntien*, bei denen sie eine regelmässige Lage in den Hypodermazellen bilden. Jede Druse füllt eine Zelle aus. Die Drusen sind hier verhältnissmässig klein, grösser werden sie im Rinden- und am grössten im Mark-Parenchym. Beinahe ebenso häufig wie diese regelmässige ist eine ganz unregelmässige Form der Drusen, welchen ebenfalls ein monoklines Prisma, jedoch mit sehr kurzer Hauptaxe zu Grunde zu liegen scheint. Sie erreichen zum Theil beträchtliche Grösse und stellen die grössten bei den *Cacteen* überhaupt vorkommenden Drusen dar. Die Drusen sind ausser dem oben erwähnten Vorkommen bei den *Opuntien* durch den ganzen Körper regellos vertheilt und treten mitunter nesterweise auf.

Einzelkrystalle sind verhältnissmässig selten, immer klein und kommen in gewöhnlichen Zellen vor. Es finden sich Quadratoktaeder, quadratische und monokline Prismen. Bündel nadelförmiger Krystalle, aus monoklinen Prismen mit sehr langer Hauptaxe bestehend, wurden bei *Opuntia Ficus Indica* und *Echinocactus Ottonis* beobachtet. Bei manchen Arten treten Sphärokrystalle*) auf. Dieselben sind sehr regelmässig ausgebildet mit deutlich concentrischer Schichtung. Sie kommen, wie schon oben erwähnt, in den Schleimzellen vor, mitunter aber auch in gewöhnlichen Zellen.

Anschliessen möchte ich hieran noch das häufige Vorkommen von Sphaerokrystallen, welche bis zu gewissem Grade denen des Inulins gleichen, sich jedoch bei längerem Liegen in Glycerin

*) M. Moebius: Sphaerokrystalle von Kalkoxalat bei Cacteen. (Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft. Bd. III. 1885. Heft 5.)



lösen. Dieselben krystallisiren sowohl an den Zellwänden als im Innern der Zellen bei in Alkohol liegenden Stücken aus. Ihre chemische Beschaffenheit ist nicht näher untersucht worden.

Ferner kommen bei vielen *Cereen* und *Opuntien* Wachsüberzüge vor. Dieselben lassen die Pflanzen bläulich bereift erscheinen und sitzen der Epidermis in Gestalt von Körnchen auf.

Entwicklung der Schleimzellen und Krystallzellen.

Die Schleimzellen entwickeln sich früh in den Meristemgeweben, und es lassen sich nach dem Ort der Entstehung zwei Centra unterscheiden, die allerdings zeitlich zusammenfallen. In der grössten Anzahl entstehen sie in den seitlich vom Vegetationspunkte hervorsprossenden Kanten, Höckern und Blättern. Da bei der spiraligen Anordnung diese Gebilde auf einem Schnitt nur in lückenhafter Reihenfolge erscheinen, auch in Folge ihrer Zartheit und Sprödigkeit schwer zu behandeln sind, so kann man in denselben die einzelnen Entwicklungsstadien schwer verfolgen, doch liess sich feststellen, dass im dritten Höcker (oder Blatt) die Anfangsstadien auftreten, im siebenten bis neunten die Entwicklung vollendet ist. Die Schleimzellen eilen hier der Entwicklung des übrigen Zellgewebes voraus, so dass diese Höcker mitunter fast nur aus Schleimzellen zu bestehen scheinen. — Das zweite Centrum ihrer Entwicklung liegt im Rindenparenchym und fällt hier meist in die Procambiumzone, wechselt jedoch in seinem höheren oder tieferen Auftreten bei den einzelnen Arten. Beide Centra fallen der Zeit ihrer Entwicklung nach zusammen. Bei einigen Arten endlich kommt noch ein dritter Entstehungsherd hinzu. Derselbe liegt im Mark unterhalb der ausgebildeten Gefässe, und findet hier die Entwicklung später als an den beiden anderen Stellen statt.

Die Entwicklung selbst erfolgt auf zweierlei Art; die eine ist für die *Opuntien* charakteristisch, die andere kommt sämmtlichen übrigen Schleimzellen enthaltenden Gattungen zu.

Als beste Beobachtungsobjekte dieser letzteren Entwicklungsart im Stamm wurden *Peireskia aculeata* Plum. und *Cereus grandiflorus* Haw. ermittelt. In den jungen Blütenblättern von *Epiphyllum* lässt sich die Entwicklung der Schleimzellen an unverletzten Zellen beobachten, wenn man die Blättchen der jungen Knospen durch Zuckerlösung, Glycerin oder Glycerin und Alkohol zu gleichen Theilen durchsichtig macht. Setzt man Eosinlösung hinzu, so färbt sich das Plasma und lässt den Schleim als stark glänzende, ungefärbte Masse hervortreten.

Der Entwicklungsgang der Schleimzellen in jungen Blütenblättern von *Epiphyllum* ist folgender: Im jüngsten Stadium zeichnen sich die Schleimzellen vor den übrigen Zellen durch bedeutende Grösse, beziehungsweise schnelleres Wachsthum aus. Sie besitzen einen wandständigen Plasmaschlauch, dem ein grosser Zellkern eingelagert ist. Das Innere der Zelle ist von einer Zellsaft-Vakuole erfüllt. (Taf. 1. Fig. 1.)

In dem Plasmaschlauch beginnt nun die Bildung von Schleim. Derselbe tritt in Tropfen auf, welche zusammenfliessend nach und

nach grössere mit Schleim erfüllte Räume im Plasma erfüllen. Das Wachsthum der Zelle in diesem Stadium ist noch immer lebhaft, der plasmatische Inhalt hat das Maximum seiner Entwicklung erreicht. Durch den Schleim wird der innerhalb liegende Theil des Plasmaschlauches nach Innen gedrängt (Taf. 1, Fig. 2), während die mittlere Vakuole unter allmählicher Resorption ihres Inhalts durch den Schleim immer kleiner wird. Charakteristisch ist, dass der Schleim stets an der Peripherie im Plasmaschlauch entsteht, so dass die wandständige Plasmaschicht eine äusserst zarte ist, ja im Laufe der Entwicklung bis auf kleine Reste und schliesslich vollständig verschwindet. Bei ungenauer Beobachtung und nicht genügend starker Vergrösserung kann es daher leicht den Anschein haben, dass der Schleim aus der Membran entsteht. Durch Anwendung konzentrirter Zuckerlösung gelingt es jedoch wenigstens stellenweise den den Schleim aussen begrenzenden Plasmabelag mit sammt dem Schleim von der Wandung abzuheben.

Im weiteren Verlaufe fliessen die einzelnen mit Schleim erfüllten Räume zusammen und sieht man daher auf dem optischen Durchschnitt nur wenige Stellen, an welchen das innere Plasma mit dem wandständigen Plasma zusammenhängt. (Taf. 1, Fig. 3.) Der Zellkern beginnt in diesem Stadium undeutlich zu werden, indem zuerst das Cytoplasma mit dem Zellplasma verschmilzt, dann der Nucleolus, indem er eine unregelmässig begrenzte Form annimmt, nach und nach verschwindet.

Im Plasma bilden sich nun immer neue Massen von Schleim, welche die innere Begrenzung des Plasmaschlauchs vor sich herdrängen und dieselbe unter völliger Resorption der inneren Vakuole schliesslich ganz zusammenpressen, so dass in der Mitte der Zelle nur noch eine seitlich mannigfach ausgebuchtete Plasmamasse übrig bleibt (Taf. 1, Fig. 4). Die Vorsprünge dieser Plasmamasse entsprechen den Resten der Plasmafäden, mit denen dieselbe ursprünglich mit dem wandständigen Plasma zusammenhing.

Im weiteren Verlauf schwindet dae Plasma mehr und mehr, indem es Schleim bildet und es bleibt zuletzt von demselben nur im Innern der Zelle ein zartes Plasmanetz zurück.

Bei *Peireskia aculeata* Plum. ist der Gang der Entwicklung ähnlich. Innerhalb der Procambiumzone wachsen einige Zellen stärker wie die übrigen. Der in einem Plasmanetz suspendirte Zellkern befindet sich hier fast stets in der Mitte; derselbe nimmt auch an Grösse zu, in gleicher Weise der Nucleolus. Die Vakuolen der Zelle sind von Zellsaft erfüllt. Der plasmatische Inhalt der jungen Schleimzelle vermehrt sich nur unter besonders stark ausgeprägtem Längenwachsthum der letzteren. Die Umgrenzung des Zellkernes beginnt undeutlich zu werden. Im Plasma erfolgt die Bildung von Schleim in kleinen Tropfen. An in Alkohol liegenden Präparaten kann man dieselben nach Färbung des Plasmas mit Eosin als ungefärbte, hellglänzende Tröpfchen besonders in den dünneren Fäden des Plasmas liegen sehen. Nach und nach resorbiren diese Tröpfchen zusammenfliessend den Zellsaft der Vakuolen und drängen in der bei *Epiphyllum* geschilderten Weise das

Plasma zu einem Klumpen in der Mitte der Zelle zusammen (Taf. 1. Fig. 7). Je weiter die Entwicklung vorschreitet, desto mehr schwindet der Plasmaklumpen (Taf. 1, Fig. 8) und schliesslich bleibt nur noch ein mehr oder weniger reichmaschiges Plasmanetz übrig, in welchem einige Reste von Stärkekörnern hängen. Das ganze Lumen der Zelle ist jetzt von Schleim erfüllt. Beim Gerinnen des Schleimes in Alkohol wird, wohl hervorgerufen durch verschiedenen Wassergehalt, beziehungsweise ungleiche Dichtigkeitsverhältnisse, in demselben eine Schichtung wahrnehmbar, die in ihren inneren Umrissen stets die Conturen der früheren Plasmamasse zeigt, in ihren äusseren Schichten sich mehr den Grenzen der Zellwände anschliesst und so den Anschein einer geschichteten Membran erweckt. (Taf. 2, Fig. 5.)

Ebenso verläuft die Entwicklung bei *Cereus grandiflorus* Haw. Die Schleimzellen entstehen auch hier ziemlich weit unterhalb des Vegetationspunktes in der Procambiumzone. Fast in der Hälfte der Fälle entwickeln sich jedoch hier zwei nebeneinanderliegende Zellen in der bei *Peireskia* angegebenen Weise (Taf. 2, Fig. 1). In den ersten Stadien der Entwicklung fiudet eine Auflösung der beide Zellen trennenden Zellwand statt (Taf. 2, Fig. 2). Die Plasmaklumpen mit den Zellkernen verschmelzen mit einander (Taf. 2, Fig. 3) und findet man daher in diesem Stadium häufig eine Schleimzelle mit zwei Kernen, die in ihrer gegenseitigen Anordnung keine Regel erkennen lassen. Die Zellkerne und das Plasma schwinden unter der Bildung von Schleim (Taf. 2, Fig. 4), und unterscheidet sich schliesslich die aus zwei Zellen entstandene Schleimzelle von der aus einer Zelle hervorgegangenen nur durch ihre bedeutendere Grösse, bezüglich Länge. Häufig tritt auch der Fall ein, dass bei schon ziemlich weit vorgeschrittener Entwicklung angrenzende Zellen durch Auflösung der trennenden Wand mit der Schleimzelle verschmelzen, wobei ihr Inhalt sich gleichfalls in Schleim verwandelt.

In mancher Beziehung anders gestaltet sich die Entwicklung bei den *Opuntien*. So treten bei *Opuntia maxima* S. in dem Meristemgewebe an einzelnen Zellen kleine Oxalatdrusen von sternförmiger Gestalt auf. Dieselben entwickeln sich im weiteren Verlauf in zweierlei Weise. Die einen nehmen sehr rasch an Grösse zu, während die Zelle mit dem Wachsthum der umgebenden Zellen gleichen Schritt hält. Je mehr der Krystall, der anfangs selbst von einem Plasmabelag überzogen ist, wächst, um so mehr schwindet der Inhalt der Zelle, bis zuletzt nur die Oxalatdruse übrig bleibt, die, im Zellsaft liegend, ihrerseits in ihrem Wachsthum noch lange fortfährt, ja dies vielleicht periodenweise wieder aufnimmt, indem man in älteren Geweben mitunter sehr grosse Drusen vorfindet.

Ein anderer Theil jener Oxalatdrusen enthaltenden Zellen, von den eben beschriebenen im ersten Stadium nicht zu unterscheiden, entwickelt sich in ganz anderer Weise. Die Zelle zeigt ein lebhaftes Wachsthum, so dass sie die umgebenden Zellen sehr bald an Grösse übertrifft. An diesem Wachsthum nimmt der Zellkern und das Plasma theil, so dass die Zelle auch durch ihren

reichen Inhalt von dem übrigen Zellgewebe absticht. Die Oxalatdruse jedoch wächst nicht mit oder nur ganz unmerklich; sie scheint gewissermaassen den Anlass zu einer Wucherung des Plasmas gegeben zu haben, die mit der Bildung von Schleim endet. In einem weiteren Stadium sieht man daher den Zellkern und die Oxalatdruse von einem Plasmaklumpen eingehüllt im Innern der Zelle an Plasmafäden suspendirt. Doch kann der Zellkern oder auch die Oxalatdruse der Zellwand eingelagert sein. Der erst beschriebene Fall ist der häufigere und ist bei letzterem vielleicht eine Verschiebung durch den Schnitt anzunehmen. In der Peripherie des Plasmas tritt nun die Bildung von Schleim auf, die nach und nach weiter nach Innen vorschreitet und mit dem beinahe völligen Schwinden des Plasmas endet. Die Vakuolen werden in der bei *Epiphyllum* angegebenen Weise resorbirt. Zu gleicher Zeit wird der Zellkern undeutlich und verschwindet schliesslich (Taf. 2, Fig. 6). In der ausgebildeten Schleimzelle ist ausser einigen Trümmern von Stärke- oder Chlorophyllkörnern, die in dem sehr reduzirten Plasmanetz hängen, nur noch die Oxalatdruse vorhanden. Dieselbe hat sich so gut wie gar nicht oder nur unmerklich vergrössert.

Hiermit scheint der Entwicklungsgang jedoch noch nicht abgeschlossen zu sein. An Schnitten von einem circa zehn Jahre alten Stamm von *Opuntia Ficus Indica* Mill. konnte beobachtet werden, dass die Oxalatdrusen in den Schleimzellen zum Theil von bedeutender Grösse waren, während gleichzeitig der Schleiminhalt der Zellen zurücktrat. Auffällig war hierbei überhaupt die äusserst geringe Zahl der Schleimzellen, die in jüngeren Stammtheilen massenhaft vorkommen. Die enorme Anzahl der Krystallzellen in älteren Stammtheilen ist ja bekannt. So liegt die Vermuthung nahe, dass ein Theil dieser Krystallzellen aus Schleimzellen durch Resorption des Schleimes entsteht. Aus Mangel an Material von genügendem Alter konnte dieser Punkt nicht völlig sicher gestellt werden.

Meist sekundärer Natur ist das Auftreten von Einzelkrystallen, wie solche bei den Einzeluntersuchungen häufig erwähnt sind.

Ueber den Entwicklungsgang, sowie Art und Ort des Auftretens der Schleimzellen bei den einzelnen Gattungen wurden folgende Beobachtungen gemacht:

Echinocacteae.

Malacocarpus.

Die Schleimzellen entwickeln sich sehr rasch unterhalb des Vegetationspunktes. In den Kanten entstehen sie später.

Echinocactus Ottonis Lehm.

Die Schleimzellen entstehen erst spät und zwar in den seitlich vom Vegetationspunkt gelegenen Kanten im chlorophyllführenden Parenchym. Im Rindenparenchym entstehen sie circa zwei Millimeter unterhalb des Vegetationspunktes.

Cereastreae.

Echinopsis.

Die Schleimzellen entstehen erst spät in den Kanten, die um den Scheitel herumliegen. Im Meristemgewebe treten sie nicht auf.

Cereus.

Die Entwicklung geht verhältnissmässig spät und langsam vor sich, weshalb Arten dieser Gattung, wie z. B. *C. grandiflorus,* in einem Schnitt oft alle Stadien verfolgen lassen. Der Ort der Entwicklung ist bei den einzelnen Arten verschieden. So liegt derselbe bei *C. flagelliformis* oberhalb der Procambiumstränge, bei *C. grandiflorus* in der Procambiumzone, bei *C. speciosissimus* dagegen in der Region der bereits völlig ausgebildeten Gefässe. Unabhängig davon geht, wie oben geschildert, die Entwicklung in den Kanten vor sich.

Phyllocacteae.

Phyllocactus.

Ph. Ackermanni. Bei dieser Art lassen sich die drei Entstehungscentren gut unterscheiden. Die Entwicklung im Rindenparenchym fällt in die Procambiumzone, die Entwicklung im Mark dagegen unterhalb der ausgebildeten Gefässe.

Epiphyllum.

Die Schleimzellen werden sehr zeitig in den am Vegetationspunkt sich seitlich vorwölbenden Flügeln angelegt.

Rhipsalideae.

Rhipsalis.

Die Schleimzellen entstehen unmittelbar am Vegetationspunkt und entwickeln sich so schnell, dass sie in der Procambiumzone schon völlig ausgebildet sind.

Lepismium.

Zuerst entwickeln sich die Schleimzellen in den schuppenartigen Blättern, welche den Vegetationspunkt einhüllen. Die Schleimzellen des Stammes entstehen erst in der Region der differenzirten Gefässe. Dieselben haben den bei *Cereus* beschriebenen Entwicklungsgang und zeichnen sich von Anfang an durch ihre bedeutende Grösse vor den übrigen Zellen aus.

Die *Opuntieae* und *Peireskieae* sind schon oben geschildert worden.

Fasst man diese Beobachtungen zusammen, so sieht man, dass die Ansicht De Bary's*), der den Inhalt der Schleimzellen seiner Entstehung und morphologischen Bedeutung nach für eine auf Kosten des Innenraumes stark verdickte Zellwand erklärt, irrthümlich ist. Die Schleimzellen sind vielmehr Zellen, in deren Plasma sich der Schleim bildet. Die Schleimbildung wird bis zum beinahe völligen Verschwinden des Plasmas unter gleichzeitiger Resorption des Zellsaftes fortgesetzt. Die Zellwand hat an der Bildung keinen Antheil.

---

*) De Bary, Vergleichende Anatomie. p. 151.

Was die Entwicklung der Krystalldrusenschicht unterhalb der Epidermis anbetrifft, so erfolgt diese bei den *Opuntien* später, als die Entwicklung der Krystalldrusen in den Meristemen. Sie findet in der Höhe und unterhalb der Procambiumzone statt, ungefähr ein bis zwei Millimeter vom Scheitel entfernt. Die Drusen sind anfangs klein und in Plasma eingebettet; mit der Vollendung ihres Wachsthums ist auch der übrige Zellinhalt grösstentheils verschwunden.

Während, wie oben gezeigt wurde, bei den *Opuntien* die Entwicklung der Krystallzellen der der Schleimzellen vorangeht, findet bei den übrigen Gattungen gerade das Gegentheil statt. Die Krystallzellen entstehen hier meist erst nach vollendetem Wachsthum der einzelnen Triebe und werden besonders im höheren Alter oft in ungeheurer Anzahl gebildet.

Entwicklung der Sekretbehälter bei Keimlingen.

Im Zellgewebe des Samens sind keinerlei Anlagen von Sekretbehältern vorhanden. Dieselben finden sich auch nicht in den Keimlingen. Sie fehlen also auch den Kotyledonen der *Opuntien*, die eine besonders starke Entwicklung erreichen. Bei letzterer Gattung treten erst im Alter von circa 30 Tagen im hypokotylen Theile, und zwar in der Nähe der Gefässbündel, Krystallzellen auf, deren Krystalldrusen die den *Opuntien* eigenthümliche Sternform zeigen. Dieselben sind besonders gegen den Vegetationspunkt zu zahlreich. Erst mit der Entwicklung des eigentlichen Cacteenkörpers, der sich von den Kotyledonen scharf absetzt, beginnt die Entwicklung der Schleimzellen in der vorher beschriebenen Weise.

An einer 54 Tage alten *Opuntia elata* Hort. ber. wurden bereits massenhaft völlig ausgebildete Schleimzellen beobachtet. Am meisten vorgeschritten war ihre Entwicklung in den Blättern, nächstdem im Chlorophyll führenden Parenchym.

Die Entwicklung der Milchsaft führenden Gänge bei Keimlingen konnte aus Mangel an Material nicht untersucht werden.

Entwicklung der Milchsaft führenden Gänge der *Mammillarien*.

In dem Parenchym der um den Vegetationspunkt hervorsprossenden Mammillen beginnen sich kurz nach der Differenzirung der Procambiumstränge Zellgruppen durch reicheren protoplasmatischen Inhalt auszuzeichnen. Diese Zellgruppen bestehen zumeist aus zwei bis drei neben einander und in unbestimmter Zahl hinter einander liegenden Zellen, welche gewundene Stränge oder längliche Gruppen im Parenchym darstellen. Die einzelne Zelle, welche an Grösse sich von den umliegenden nicht unterscheidet, enthält einen Zellkern, der stets in der Mitte der Zelle in einem reich verzweigten Plasmanetz suspendirt ist. Um den Kern herum findet eine Plasmaansammlung statt, und sieht in diesem Stadium

die Zelle einer sich entwickelnden Schleimzelle völlig ähnlich, nur mit dem Unterschiede, dass hier viele derartige Zellen in Strängen beisammen liegen (Taf. 2, Fig. 7).

Bei fortschreitender Entwicklung lässt der Turgor der Zellen nach. Der Zellkern wird undeutlich. Es tritt ein Schrumpfen der Zellen ein, die Zellwand erscheint schwächer, während die umliegenden Zellen jene des Ganges zusammendrücken. In diesem Stadium zeigen die Gänge ein Konglomerat von zusammengedrückten undeutlichen Zellen, in denen man noch Reste des Zellkerns und der Chlorophyllkörner erkennt. Es findet nun ziemlich rasch eine Desorganisation der Zellen und ihres gesammten Inhalts statt. Reste der Zellwände sind fast stets noch zu erkennen, die Stärkekörner bleiben ebenfalls erhalten. Die Gänge haben in Folge ihrer Entstehung an Durchmesser bedeutend verloren und werden im ausgebildeten Zustande von den Wänden der angrenzenden Parenchymzellen begrenzt. Sie werden nicht auf einmal in ihrer ganzen Ausdehnung angelegt, sondern entwickeln sich mit dem fortwachsenden Gewebe, indem an den Endverzweigungen benachbarte Zellen sich in der oben beschriebenen Weise fortentwickeln. Die Zweige, welche in dem chlorophyllführenden Parenchym verlaufen, entstehen zuletzt.

Mit der Entstehungsweise hängt auch die Art des Ausfliessens des Milchsaftes bei Verletzungen der Gänge zusammen. Der Milchsaft steht unter dem Druck des Turgors der angrenzenden Zellen und wird durch denselben bei Verletzung des Ganges selbst hervorgepresst. In Folge davon findet das Ausfliessen des Milchsaftes nur in ganz unbedeutendem Maasse oder gar nicht statt, wenn der Turgor der Zellen nachlässt, z. B. bei trocken gehaltenen oder auch kranken Pflanzen.

Wie aus Obigem erhellt, gehören die Milchsaft führenden Gänge der *Mammillarien* zu den lysigenen intercellularen Sekretbehältern, während De Bary*) dieselben unter den schizogenen aufführt.

Physiologische Bedeutung der Sekretbehälter für die Cacteen.

Wie schon früher erwähnt wurde, hat der Milchsaft wohl den Zweck, die *Mammillarien* vor den Angriffen der Thiere zu schützen. Derselbe besitzt einen kratzenden und brennenden Geschmack und wahrscheinlich giftige Eigenschaften.

Die Schleimzellen möchte ich als Feuchtigkeitsreservoire bezeichnen, die die *Cacteen* befähigen, in den trockensten Gegenden der Erde zu vegetiren. Man kann gewisse Wechselbeziehungen zwischen dem Vorhandensein von Schleimzellen einerseits und dem Fehlen oder der geringeren Ausbildung von anderen Schutzvorrichtungen gegen die Trockenheit andererseits beobachten. So sind bei den *Echinocacteen*, die sich durch die enorme Entwicklung

*) De Bary, Vergleichende Anatomie. p. 216.



ihres Hypoderms auszeichnen, und die hierdurch jedenfalls genügend gegen die Einwirkung der Trockenheit geschützt sind, Schleimzellen nicht vorhanden.

Dagegen treten dieselben in grösster Anzahl in den Organen oder den Theilen der Pflanze auf, welche am meisten dem Eintrocknen ausgesetzt sind, wie die Höcker, Kanten und vor allem die Blätter. Hiermit hängt auch ihr Verschwinden in alten verholzten Stämmen zusammen.

Die Krystalldrusen tragen bei einigen Gattungen ebenfalls zum Schutze bei. Am besten tritt dies bei den *Echinocacteen* und *Opuntien* hervor, wo sie eine zusammenhängende Schicht unter der Epidermis bilden. Die Drusen erhöhen hier vielleicht auch die Festigkeit des Hautskelets.

Zusammenfassung der Ergebnisse.

Kalkoxalatdrusen führende Krystallzellen kommen allen *Cacteen* zu. In jeder Krystallzelle ist nur eine Druse vorhanden. Milchsaft führende Gänge finden sich bei einem Theil der *Mammillarien*. Dieselben entstehen durch Desorganisation von Zellgruppen und sind mithin als lysigene Intercellularen zu betrachten. Die Mehrzahl der *Cacteen* enthält Schleimzellen, welche als Behälter aufzufassen sind, deren Sekret durch Umwandlung des Plasmas der betreffenden Zellen entsteht. Die Zellwand nimmt an dessen Bildung keinen Antheil.

Das anatomische Verhalten stimmt im Grossen und Ganzen mit der Eintheilung von Salm-Dyck überein, lässt jedoch im Einzelnen viele Widersprüche hervortreten.

Zum Schluss sei es mir gestattet, Herrn Hofrath Pfitzer für die freundliche Anleitung und Unterstützung, die er mir bei vorliegender Arbeit angedeihen liess, meinen herzlichen Dank auszusprechen.

Erklärung der Tafeln.

Tafel 1.

Fig. 1—5. Entwicklung der Schleimzellen in jungen Blütenblättern von *Epiphyllum truncatum* Haw. Fig. 1, 2, 3 und 5 in 540facher, Fig. 4 in 230-facher Vergrösserung.

Fig. 6 u. 7. Entwicklungsstadien von Schleimzellen bei *Peireskia aculeata* Plum. Der Schleim ist gelöst und nur das Plasma sichtbar. Vergrösserung 230fach.

Fig. 8. Beinahe völlig ausgebildete Schleimzelle von *Cereus grandiflorus* Haw., in dem auf Taf. 2 dargestellten Entwicklungsgang zwischen Fig. 4 u. 5 einzuschieben. Der Schleim in Alkohol geronnen. Vergrösserung 230fach.

Tafel 2.

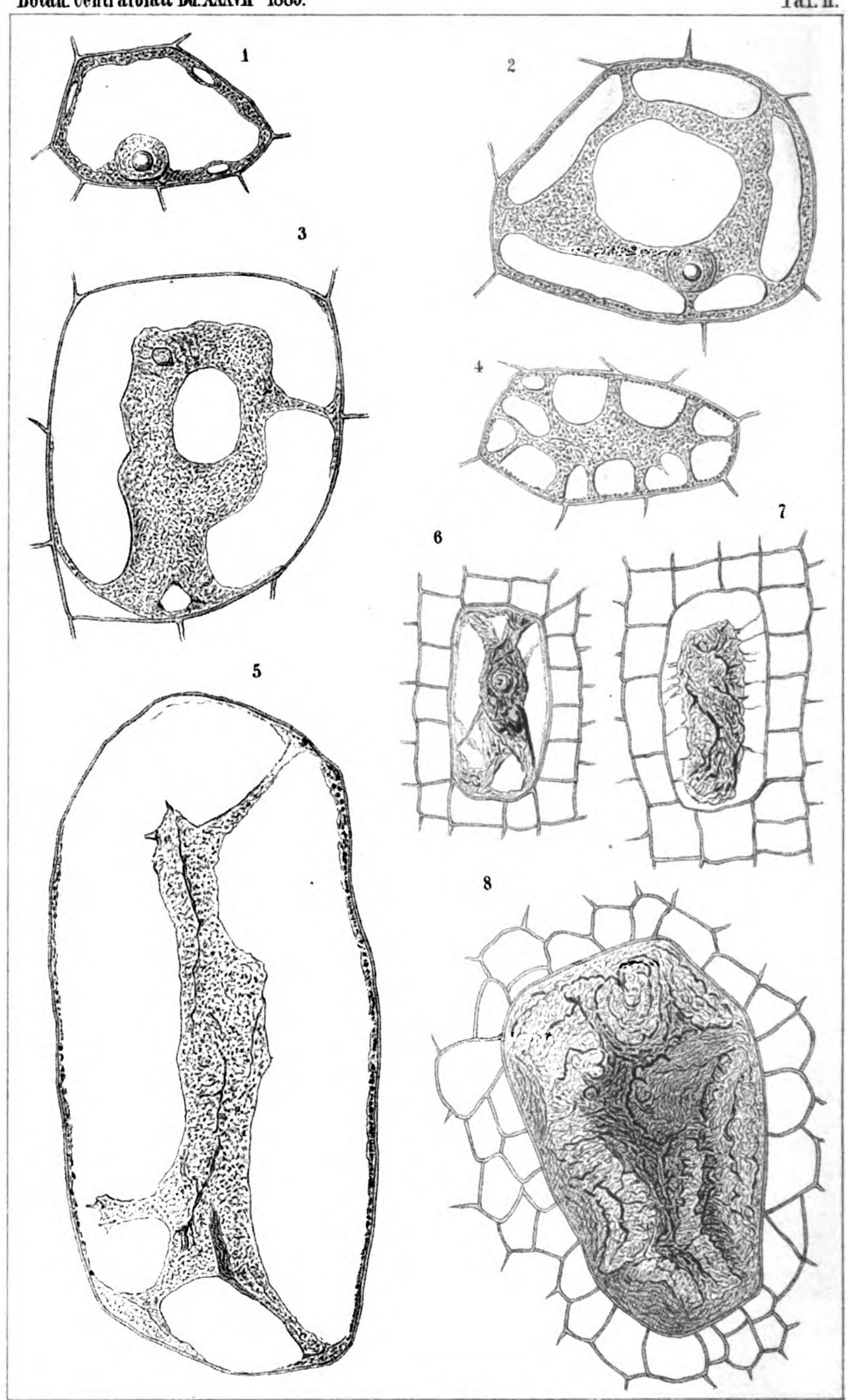
Fig. 1—4. Entwicklung der Schleimzellen in einem wachsenden Spross von *Cereus grandiflorus* Haw. Schleim in Alkohol geronnen. Vergrösserung 230fach.

Fig. 5. Ausgebildete Schleimzelle von *Cereus flagelliformis* Haw. Schleim in Alkohol geronnen. Vergrösserung 230fach.

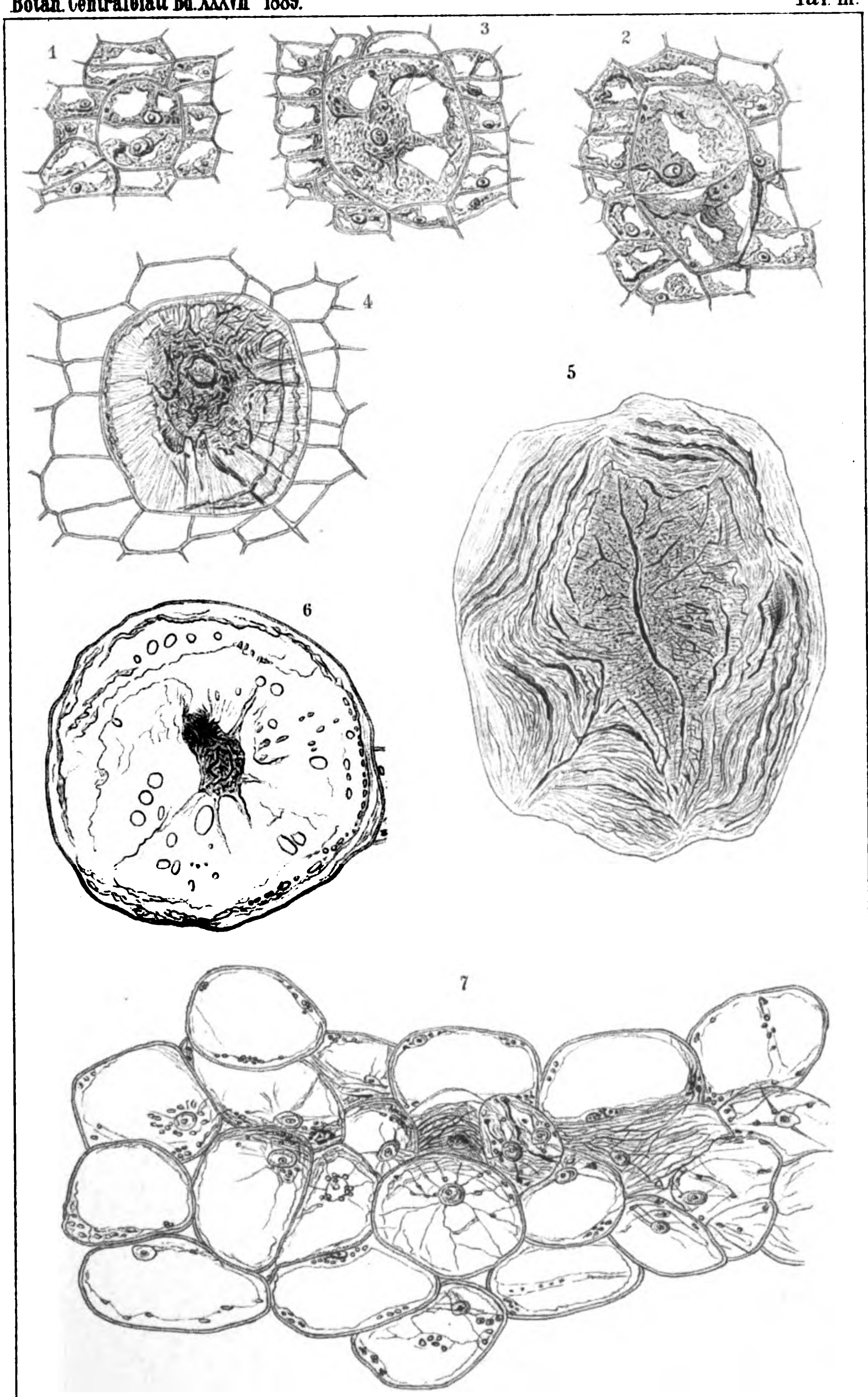
Fig. 6. Junge Schleimzelle aus einem wachsenden Spross von *Opuntia maxima* S. Schleim in Alkohol geronnen. Vergrösserung 230fach.

Fig. 7. Entwickelungsstadium von der Endverzweigung eines Milchsaft führenden Ganges von *Mammillaria pentacantha* Pfr. Vergrösserung 230fach.


LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF
CALIFORNIA



Artist. Anst. v. Th. Fischer, Cassel.



Artist. Anst. v. Th. Fischer, Cassel



